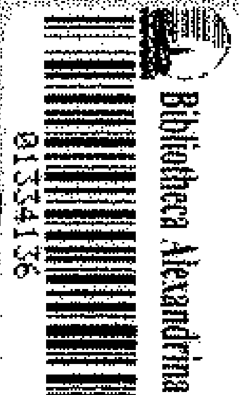
مساقط الخرائط

عميد بحري
نقولا ابراهيم

الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزي وشركاه



مساقط الخرائط

عميد بحري

نقولا ابرهيم

بكالوريوس مع مرتبة الشرف في الرياضيات

الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزي وشركاه

تقـــديم

تأتى هـــذا المؤلف ليحل محل كتابى السـابق فى نفس الموضوع بعنوان « مساقط الخرائط الجغرافية » . ولم أكن أتخيل أن نسخ الكتاب السابق ستنفذ بتلك السرعة خصوصا وأن المهتمين بهذا الموضوع والدارسين له مازالوا قليلون.

وفى هذا المؤلف أضفت مجموعة المساقط الخاصة بخرائط الحائط وخرائط المساحة الى مساقط خرائط الأطلس حتى يصبح الكتاب شـاملا لجميع أنواع الخرائط .

وهذا الكتاب يشرح فكرة المساقط وطرق تشكيلها والقواعد الهندسية لإنشائها وطرق تنفيذ الأنواع الرئيسية منها وهى مادة ضرورية لدارسى الجغرافيا والخرائط والملاحة والمســاحة كما يهم بالدرجـــة الأولى المشتغلين بصناعة الخرائط .

والدراسة النظرية للمساقط المقدمة فى هذا الكتاب تعتمد على بعض المراجع باللغة الانجليزية ذكرتها فى نهاية الكتاب . ولكن التطبيقات العمليـة هى حصيلة خبراتى الخاصة فى مجـــال إنشاء الخرائط خلال ممارستى لأعمـــال المساحة والكارتوجرافيا بالادارة الهيدروجرافية للادميرالية البريطانية بالقوات البحرية وبالمساحة المصرية وأيضا من خلال تدريس هذه المادة لسنوات عديدة .

والاسلوب العلمى الذى يعالج معظم المساقط يعتمد على الرياضيات المبسطة خصوصا مساقط خرائط الأطلس وخرائط الحائط ـ ولكن عند دراسة مساقط

الخرائط المساحية للأرض الشبه كروية فلا يوجد مفر من استخدام الرياضيات المتقدمة .

وتتميز الحسابات فى أمثلة هذا الكتاب بسهولة إجرائها على الحاسب الالكترونى اليدوى المعتاد بدلا من استخدام اللوغاريتمات كما كان متبعا من قبل. ولذلك وضعت كثير من العلاقات التى تشكل المساقط فى صورها الأصلية المبسطة دون تحويلها الى الصور اللوغاريتمية المطولة ، كما تتميز الحسابات بالدقة العالية المتوفرة حاليا فى الحاسبات الالكترونية اليدوية — كذلك استخدمت اللوغاريتمات للأساس هو بدلا من الاساس ١٠ لسهولة الحصول عليها .

مازال هذا الكتاب الوحيد باللغة العربية ولذلك تم تزويده بقائمة المصطلحات المستخدمة وما يقابلها باللغة الإنجليزية . وبالكتاب ملحقين : الأول يشرح بعض طرق رسم القطع الناقص وهو الشكل الذى يظهر كثيرا فى المساقط ، والثانى به بعض قوانين حساب المثلثات المستوية حتى تساعد على متابعة استخراج العلاقات الرياضية للمساقط .

أرجوا أن تكون مساهمتى بتقديم هذا الكتاب قد سدت الفراغ الشاغر فى المكتبة الجغرافية والمساحية والكارتوجرافية وأن أكون قد أمددت كل المتصلين والمشتغلين بصناعة الخرائط بمرجع كانوا دائما فى حاجة اليه وأن أكون قد وفيت باحتياجات مدرسى ودارسى العلوم الكارتوجرافية فى الجامعات العربية .

الاسكندرية — مايو ١٩٨٢ المؤلف

محتويات الكتاب

محتويات الكتاب

صفحة

الباب الرابع

الباب الخامس

الباب السادس

صفحة

الباب السابع

الباب الثامن

الباب الحادي عشر

الباب الأول

تعريف

الأرض كروية الشكل . ولكي يوجد لدينا نموذجا للأرض نتدارس عليه معالمها وخواصها ، يحسن أن يكون هذا النموذج كروى الشكل أيضا .

ولكن عند استخدام سطح كروى كنموذج الأرض ، نتعرض لبعض المشاكل والمتاعب . فالنموذج الكروى المناسب الحجم الذى يبين بعض تفاصيل حدود القارات والمحيطات يجب ألا يقل حجمه عن حجم غرفة مثلا . وبالتالى لبيان تفاصيل أكثر — كتلك الموجودة داخل القارات أو فى قاع المحيطات — يجب أن يتزايد حجم النموذج الكروى ويصبح غير عمليا .

والنموذج الذى يمثل سطح الأرض يستخدم عادة لتخطيط بعض العمليات — كرسم خطوط ملاحة الطائرات مثلا ، — أو التعرف على مساحة منطقة من العالم — أو لقياس المسافات بين العواصم المختلفة — الى آخر ذلك من الاستخدامات المعروفة . والنموذج الكروى لايساعد على اتمام هذه العمليات إذ أن أجهزة وأدوات الرسم والقياس كالمسطرة والبرجل والمنقلة لا تستخدم إلا على السطوح المستوية .

من هنا ظهرت الحاجة الى رسم الخرائط على السطوح المستوية . فعلى سطح مستوى يمكن رسم العالم كله أو أجزاء منه بالمقياس المطلوب وبالأبعاد المطلوبة .

من المستحيل تطبيق سطح مستوى مثـــل سطح الخريطة على سطح كروى مثل سطح الأرض ، ولذلك تصبح المعالم المرسومة على سطح الخريطة غير مطابقة تماما للمعالم المرسومة على سطح الكرة الأرضية . ويقصد بعدم التطابق أن العناصر الهندسية لمعالم سطح الأرض لابد وأن يصحبها بعض التغيير عند تمثيلها على سطح الخريطة .

والعناصر الهندسية لأى شكل هى :

١ ـــ المســـافات

٢ ـــ الاتجـاهات

٣ ـــ المســـاحات

ولقـد تبين أنه على سطح الخريطة يمكن الاحتفاظ ببعض العناصر الهندسية مطابقة لنظيراتها على سطح الأرض ، ولكن لا يمكن الاحتفاظ بجميع العناصر الهندسية بالصورة المطابقة .

هذه العملية تشبه الى حد كبير العلاقة بين شكل جسم وصورته الفوتوغرافية فالصورة لن تمثل الجسم كما يمثله تمثال ، كما وأنه على الصـــورة الفوتوغرافيـة لا يمكن بيان جميع العناصر الهندسية للجسم مطابقة تماما للأصل .

تسمى عملية نقل شكل المعالم من سطح الأرض الكروى الى سطح الخريطـة المستوى بعملية الإسقاط ـــ وهو تعبير هندسى ـــ .

ويسمى الشكل الناتج على الخريطة بالمسقط .

الباب الثانى

أقسام المساقط

كلمة أسقاط المستخدمة فى هذا العلم لها معنى شامل ويقصد بها التمثيل على السطح المستوى للخريطة سواء أكان هذا التمثيل بطريقة الاسقاط المنظور أو الاسقاط الهندسى أو بغيرهما .

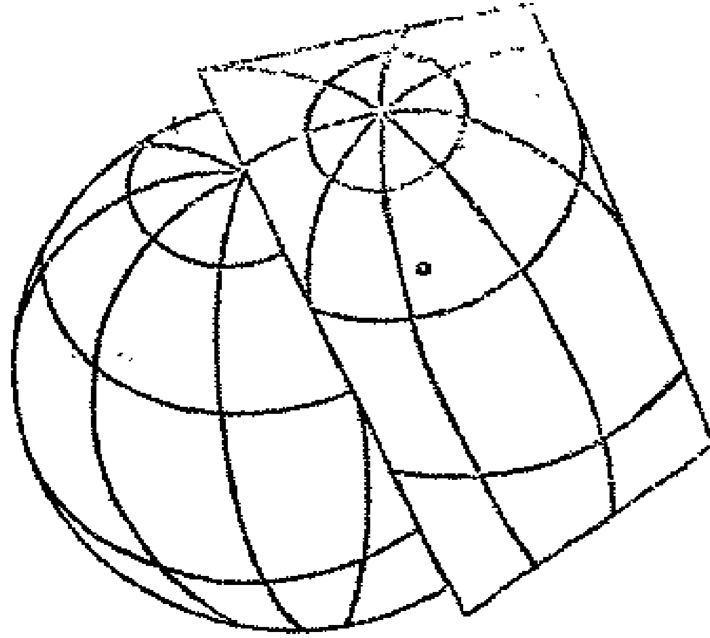
لنأخذ مثالا : دعنا نتصور وجود مصدر ضوئى مشع عند مركز الكرة الأرضية ونتصور أيضا وجود لوحة مستوية عند القطب الشمالى . يلقى مصدر الضوء ظلالا لخطوط الطول والعرض على اللوحة المستوية ، كما يلقى ايضا ظلالا لحدود القارات مع المحيطات .

ستظهر خطوط الطول على اللوحة المستوية خطوطا مستقيمة متقابلة عند نقطة القطب ، وستظهر دوائر العرض على هيئة دوائر مركزها القطب . ولو أن دوائر العرض متساوية البعد على سطح الأرض إلا أن ظلالها الناتجة على اللوحة المستوية ستتباعد كلما ابتعدنا عن نقطة القطب .

يمكن تغيير موضع مصدر الضوء ويمكن ايضا تغيير موضع اللوحة المستوية ومع كل تغيير نحصل على شكل جديد من الظلال . فمصدر الضوء يمكن نقله إلى القطب الآخر الأرضى كما يمكن وضعه خارج الكرة الأرضية على امتداد خط القطبين وفى مواضع مختلفة . ومع كل موضع جديد لمصدر الضوء نحصل على شكل جديد من الظلال .

تسمى الاشكال الهندسية الناتجة بتلك الطرق بالمساقط المنظورة لأنها تأخذ شكل

المنظور من العين كما تسمى مساقط اتجاهية لأن الاتجـــاهات على سطح اللوحة المستوية عند موضع تماس اللوحة مع سطح الأرض ، تكون مطابقة للاتجاهات على سطح الأرض .



شكل (١)

مسقط منظور

يمكن تغيير موضع اللوحة المستوية على سطح الأرض . فعندما تكون اللوحة عند القطب يسمى المسقط الناتج قطبي ، وعندما تكون اللوحة ملامسة لخط الاستواء يسمى المسقط الناتج استوائى ، وعندما تمس اللوحة سطح الأرض عند موضع بين القطب والاستواء يسمى المسقط الناتج منحرف .

فى المثال الســـابق يتضح معنى الاسقاط . ولكن المساقط المنظورة لا تفى بالأغراض المختلفة المتعددة المطلوب من أجلهـــا عمل الخرائط ، لذلك تعدل

المساقط بطرق هندسية لتأخذ أشكالا جديدة تفى بالأغراض المطلوبة . وهذه التعديلات تحقق خصائص جديدة مثل الاحتفاظ بالمساحات الصحيحة ، بمعنى أن مساحة منطقة على الخريطة تساوى مساحة المنطقة المناظرة على سطح الأرض كما تحقق تلك التعديلات أحيانا الاحتفاظ بالمسافات الصحيحة .

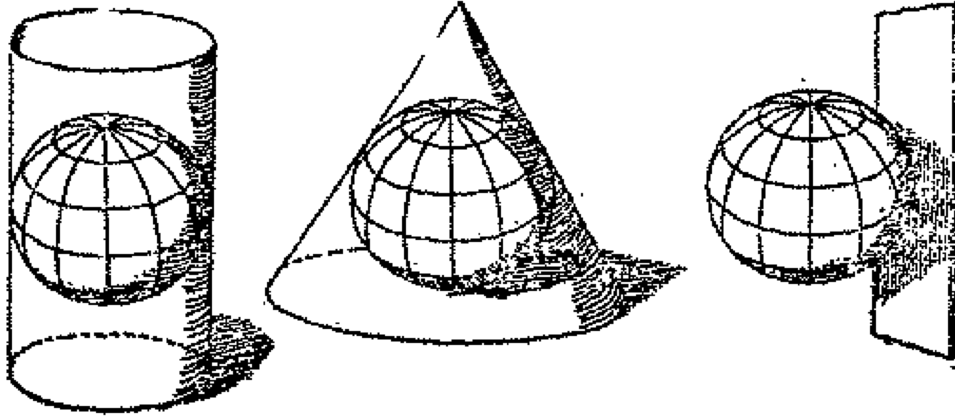
فى المساقط الاتجاهية كان مستوى الخريطة مماساً لمستوى سطح الأرض عند نقطة . ولذلك تسقط المنطقة الصغيرة من سطح الأرض حول تلك النقطة إلى سطح الخريطة ممثلة تمثيلا جيـــدا . وكلما ابتعدنا عن نقطة التماس تأخذ الأخطاء سبيلها للظهور تدريجيا ويختلف الشكل على الخريطة عن الشكل الأصلى على الأرض ويوصف الشكل بالتشويه .

ولزيادة الرقعة الممثلة على الخريطة تمثيلا جيدا يمكن لف الخريطة حول سطح الأرض لتأخـــذ شكل اسطوانة وعندئذ تظهر المنطقة المحيطة بدائرة التماس فى أحسن شكل ثم يبدأ التشويه تدريجيا ويتزايـــد بالابتعاد عن دائرة التماس . وبالطبع لا تستخدم الخريطة وهى فى الشكل الاسطوانى بل يعاد تسطيحها ثانية . ويسمى المسقط الناتج بتلك الطريقة مسقط اسطوانى .

يتم الحصول على المساقط المخروطية بطريقة مماثلة للمساقط الاسطوانية ولكن فى تلك الحالات تلف الخريطة متخذة شكل مخروط وعندئذ تكون دائرة التماس بين الخريطة والأرض دائرة صغرى .

هناك إلى جانب هذه الانواع من المساقط ، مساقط اخرى يتم تصميمها لتحقق خصائص معينة ومعظم تلك المساقط على غاية من الأهمية . وتسمى المساقط بتلك الطريقة مساقط معدلة وهى تختلف فى طريقة انشائها عن المساقط الاتجاهية

والاسطوانية والمخروطية . وتتم بوضع قواعد هندسية تتحكم فى الشكل الناتج وأحيانا تأخذ المساقط المعدلة اشكالا غير الاشكال المألوفة فى المساقط المعتادة .



مسقط اتجاهى　　　　مسقط مخروطى　　　　مسقط اسطوانى

شكل (٢)

لا يوجـــد تقسيم واضح وقاطع لمجموعات المساقط ولكن يمكن تقسيمها من نواحى مختلفة .

<u>اولا</u> : تبعا للمنطقة التى يمكن بيانها على المسقط :

١ ـ مساقط خاصة برسم العالم
٢ ـ مساقط خاصة برسم نصف الكرة الأرضية
مساقط خاصة برسم قارة أو محيط أو اقليم

<u>ثانيا</u> : تبعا لشكل لوحة الاسقاط

مساقط مخروطية
٢ ـ مساقط اسطوانية

٣ - مساقط مستوية (اتجاهية)

ثالثا : تبعا لمنطقة تماس لوحة الاسقاط مع سطح الأرض

١ - مساقط قطبية
٢ - مساقط اسطوانية
٣ - مساقط منحرفة

رابعا : تبعا لطريقة الاسقاط

١ - مساقط منظورة
٢ - مساقط معدلة
٣ - مساقط تجمع بين المنظور والمعدل

خامسا : تبعا للخصائص الهندسية للشكل الناتج

١ - مساقط اتجاهية
٢ - مساقط تشابهية
٣ - مساقط متساوية المسافات
٤ - مساقط متساوية المساحات

وعادة يخضع المسقط لصفتين من الصفات المبينة فى الاقسام الخمسة السابقة ويتكون اسم المسقط من مقطعين . فيقال المسقط المخروطى المتساوى المساحات ويقال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات

وكثير من المساقط لايزال يحتفظ باسم صانعه الأول مثل مسقط مركيتور ومسقط مولفايدى .

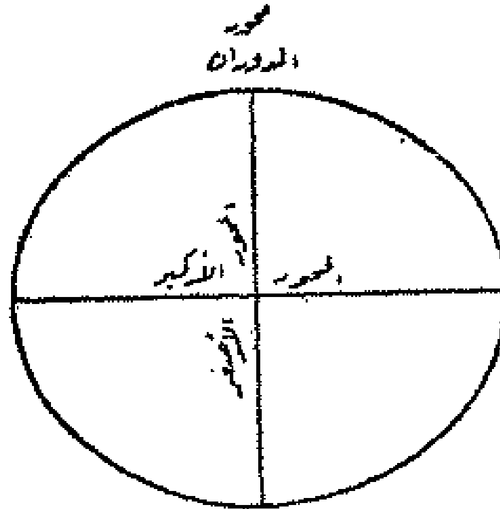
الباب الثالث

انظمة الاحداثيات

الشكل الهندسى لسطح الأرض

لانقصد بسطح الأرض ذلك السطح الذى يمر بالجبال وقاع البحر والمحيطات ولكن يقصد به سطح تخيلي يمر قريباً جداً من سطح المياه التى تغطى البحار والمحيطات ويقطع القارات أسفل مستوى اليابس ليلاق سطح ميـــاه المحيطات مرة أخرى .

هذا السطح قريب الشبه بسطح كرة وأقرب شكل هندسى يمثل سطح الأرض هو السطح الناتج من دوران قطع ناقص حول محوره الأصغر .



شكل ٣

في كثير من العلوم يعتبر سطح الارض — للسهولة — مماثلا لسطح كرة ولكن في علوم المساحة الجيوديسية والملاحة يلزم الاخذ بالشكل الحقيقي للارض.

وهناك قيم مختلفة لطول كل من المحور الأكبر والمحور الأصغر الذي يمثل قطاع في سطح الأرض يمر بالقطبين . ولقد توصل علماء الجيوديسيا والجاذبية الأرضية لتلك القيم بعد اجراء قياسات كثيرة وحسابات ممتدة وبعضها مبين في الجدول الآتي :

شكل الأرض	طول نصف المحور الأكبر	طول نصف المحور الأصغر
افرست ١٨٣٠	٦ ٣٧٧ ٣٠٤ متر	٦ ٣٥٦ ١٠٦ متر
بسل ١٨٤١	٦ ٣٧٧ ٣٩٧	٦ ٣٥٦ ٧٠٩
كلارك ١٨٦٦	٦ ٣٧٨ ٢٠٦	٦ ٣٥٦ ٥٨٤
كلارك ١٨٨٠	٦ ٣٧٨ ٢٤٩	٦ ٣٥٦ ٥١٥
هلمرت ١٩٠٦	٦ ٣٧٨ ٢٠٠	٦ ٣٥٦ ٨١٨

وتم الاتفاق بين العلماء عام ١٩١٠ على القيم التي قام بحسابها هايفورد وأصبحت تستخدم منذ ذلك الوقت بإعتبارها أقرب القيم الى الشكل الحقيقي وقيم هايفورد تعطى :

طول نصف المحور الأكبر ٦ ٣٧٨ ٣٨٨ متر

طول نصف المحور الأصغر ٦ ٣٥٦ ٩١٢ «

في علم المساقط الجغرافية أي المساقط المستخدمة لرسم الخرائط الجغرافية والتي لا يزيد المقياس فيها عن ١ : مليون يعتبر سطح الأرض مماثلا لسطح كرة

نصف قطرها ٦٣٧٠ كيلو متر وتم اختيار هـــذه القيمة التى تتوسط نصفى المحورين الأكبر والاصغر مع تقريبها الى رقم دائرى عشرى .

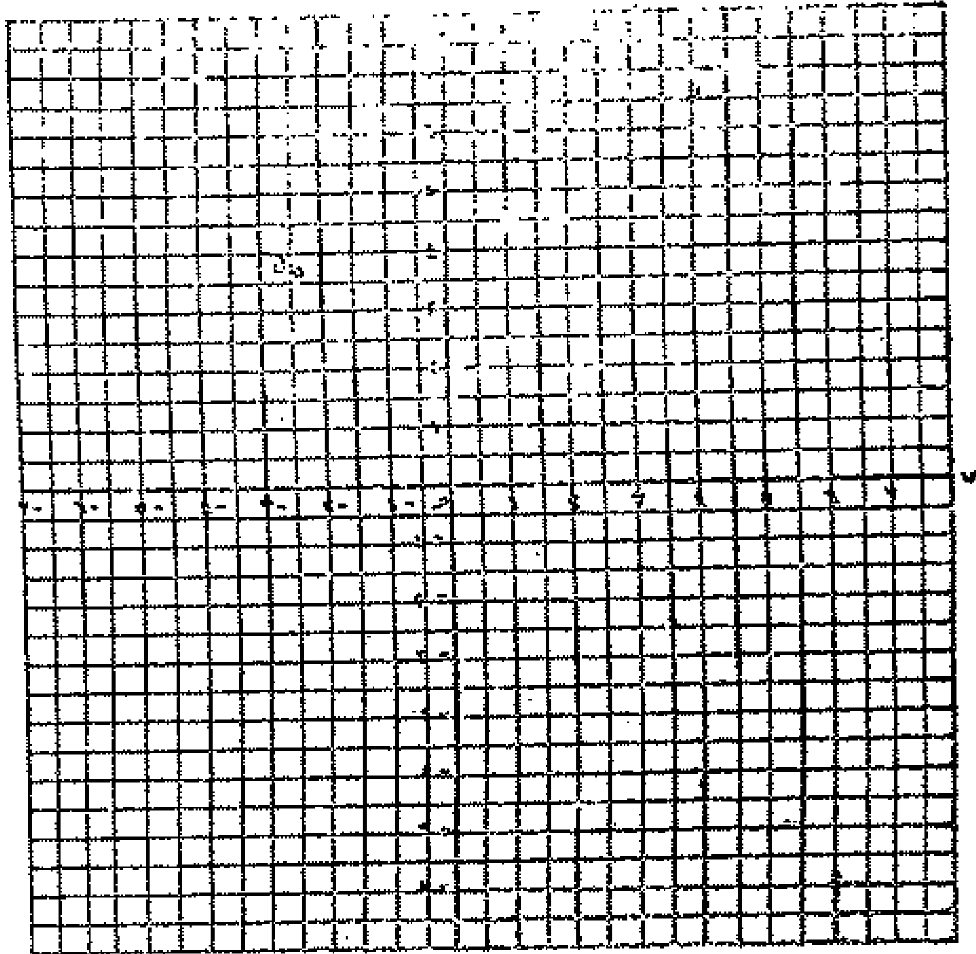
وباستخدام تلك القيمة لن يكون هناك خطأ ملموس فى أبعاد أى خريطة فإذا كان هناك خطأ مقداره واحد كيلو متر بين نصف القطر الكروى المستخدم والقيمة الحقيقية للارض فلن يظهر هـــذا الخـــلاف على الخريطة بأكثر من ١/١٠ ملليمـــتر إذا كانت الخريطة بمقياس ١ : مليون :

عند إنشاء ورسم المساقط الجغرافية تتخذ القيم المبينة فى الجـــدول الآتى أساساً للعمل .

المقياس	نصف قطر الارض
١ : ٢٠٠ مليون	٣٫١٨٥ سم
١ : ١٠٠ »	٦٫٣٧٠
١ : ٥٠ »	١٢٫٧٤٠
١ : ٢٠ »	٣١٫٨٥٠
١ : ١٠ »	٦٣٫٧٠٠
١ : ٥ »	١٢٧٫٤٠٠

الاحداثيات على سطح مستوى

لتعريف موقع مكان على سطح مستوى ، اتفق على وجود خطين مستقيمين أساسيين يقدرعان هذا المستوى فى اتجاهيه الرئيسيين .



شكل ٤

الاحداثيات على سطح مستوى

الخطان الأساسيان الأفقى والرأسى فى شكل ٤ والمقسمان الى سنتيمترات وأجزاء السنتيمتر يمكننا من التعرف على أى مكان على هذا السطح .

لتعريف موقع النقطة ل مثلا : يقاس بعدها عن نقطة الأصل (م) فى الاتجاه الافقى (– ٤ر٢) . كما يقاس بعدها عن نقطة الاصل فى الاتجاه الرأسى (٧ر٣) .

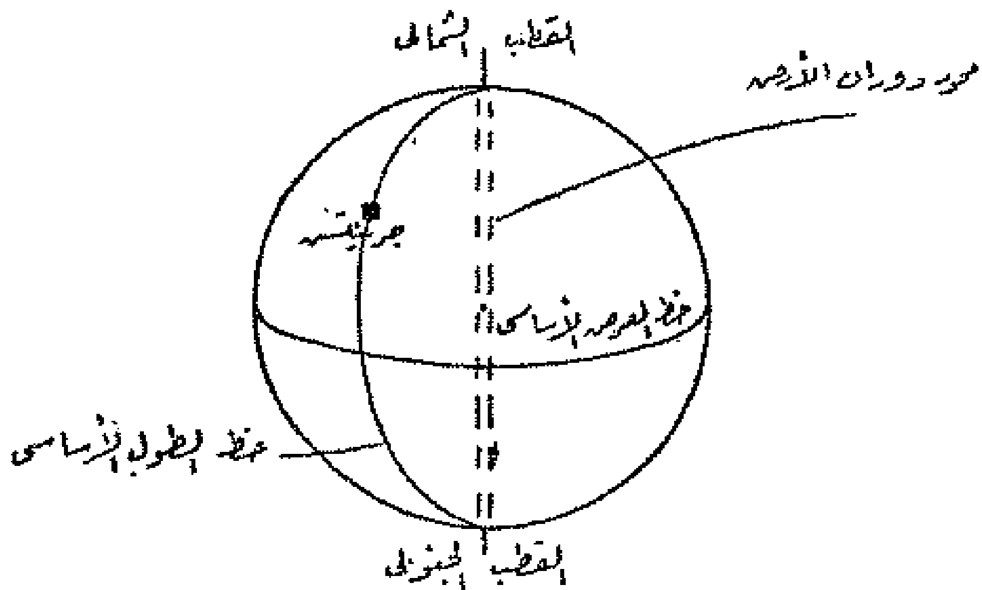
إذا ذكرنا البعدين الافقى والرأسى (– ٤ر٢ ، ٧ر٣) ، فاننا نحدد موقع

النقطة ل . ولن توجد نقطة أخرى سوى النقطة ل على السطح لها نفس البعد الافقى = ٤ر٢ سم ونفس البعد الرأسى ٦ر٣ سم . ويسمى البعدان الأفقى والرأسى بالاحداثيان الافقى والرأسى .

لسهولة قياس الأبعاد الافقية والأبعاد الرأسية ولسهولة تحديد المواقع ترسم مجموعة من الخطوط الرأسية المتوازية تعطى المسافات بينها الاحداثيات الأفقية . كما ترسم مجموعة أخرى من الخطوط الأفقية المتوازية تعطى المسافات بينها الاحداثيات الرأسية .

الاحداثيات على سطح الأرض

المحاور الأساسية



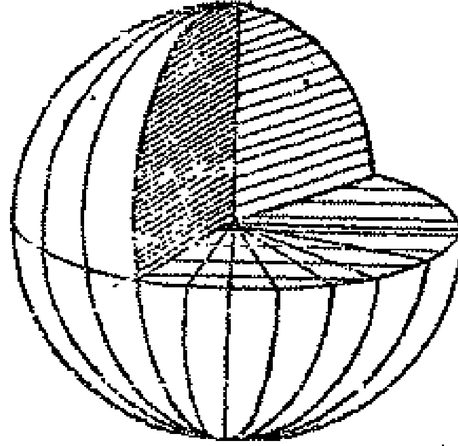
شكل ٥

لتعريف مواقع الأماكن على سطح الأرض تم اتخاذ الخط الأساسى الأفقى

تلك الدائرة العظمى المرسومة على سطح الأرض والتى تقع عند منتصف المسافة بين القطبين الشمالى والجنوبى وسميت بدائرة الاستواء .

كما اتخذ الخط الأساسى الرأسى ، نصف الدائرة المرسومة على سطح الأرض التى تصل القطب الشمالى بالقطب الجنوبى وتمر ببلدة جرينتش بانجلترا .

خطوط الطول



شكل ٦

قسمت دائرة الاستواء إلى ٣٦٠ قسما متساويا ، ورسم على سطح الأرض ٣٦٠ نصف دائرة ، تصل كل منها القطب الشمالى بالقطب الجنوبى وتمـــر بإحدى نقط التقسيم على دائرة الاستواء .

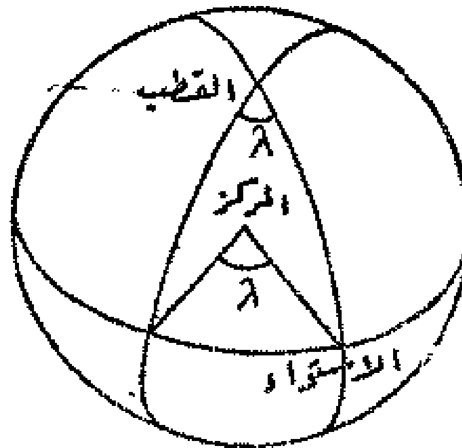
تسمى كل نصف دائرة خط طول .

ويتضح أن الزاوية عند مركز الأرض بين نقطتى تقسيم متجاورتين تساوى (١°) درجة واحدة لأن ٣٦٠ درجة تقابل ٣٦٠ قسما . وأطلق على نصف مجموع

خطوط الطول الواقعة لليمين من خط طـــول جرينتش اسم خطـوط الطـول الشرقية ـــ وأطلق على النصف الآخر اسم خطوط الطول الغربية .

وتم ترقيم خط طول جرينتش بالرقم (صفر) وخط الطول الشرق المجاور (١° شرق) ، ثم (٢° شرق) ، ثم ...... إلى (١٨٠° شـرق) . وبنفس الطريقة رقمت خطوط الطول الغربية من (١° غرب) ... إلى (١٨٠° غرب) ، وبذلك ينطبق خط الطول ١٨٠° شرق على خط الطـول ١٨٠° غرب ويـكون هو نصف الدائرة التى تكمل خط طول جرينتش من الناحية المقابلة على سطح الأرض .

وخطوط الطول على سطح الأرض تماثل الخطوط الرأسية المتوازية فى حالة السطح المستوى والتى تعطى قياسا للبعـــد الأفقى . وفى حالة الـكرة الأرضية يكون البعد الأفقى هو الزاوية عند مركز الـكرة الأرضيـة ابتـداء من خط طول جرينتش وتسمى زاوية الطول .



شكل ٧

ويلاحظ أيضا في شكل ٧ أن خطوط الطول تتقابل عند القطبين وتكون الزوايا بينها عندئذ مساوية للزوايا المناظرة عند مركز الأرض .

زاوية الطول

هي الزاوية الواقعة في مستوى دائرة الاستواء ورأسها عند مركز الدائرة وضلعها الأساسي يمر في خط طول جرينتش والضلع الآخر يمر في خط من خطوط الطول . وهي أيضا الزاوية عند أحد القطبين بين خط طول جرينتش وخط طول آخر .

ولما كانت الزوايا لا تقاس بالدرجات فقط ولكن أيضا بكسور الدرجات ، لذلك يتضح من التعريف السابق أن عدد خطوط الطول على سطح الأرض ليس ٣٦٠ بل أن خطوط الطول وهي خطوط وهمية يمكن رسمها في أي مكان على سطح الأرض وتتحدد قيمة خط الطول بالزاوية المذكورة في التعريف تبعا لمستوى الدقة .

مثال (١) زاوية الطول ٣٥ر٦١١٩" ٤٧' ١١٨° شرق بالتقدير الدقيق

(٢) « « ٣٥ر٦٢٢١٨٧ جرادة . غرب

خطوط العرض

تم تقسيم خط الطول الأساسي ويسمى خط طول جرينتش إلى ١٨٠ قسما متساويا ورسم على سطح الأرض دوائر صغرى توازي دائرة الاستواء تمر كل دائرة منها بإحدى نقط تقسيم خط جرينتش .

ويتضح أن الزاوية عند مركز الكرة الأرضية بين نقطتين متجاورتين من

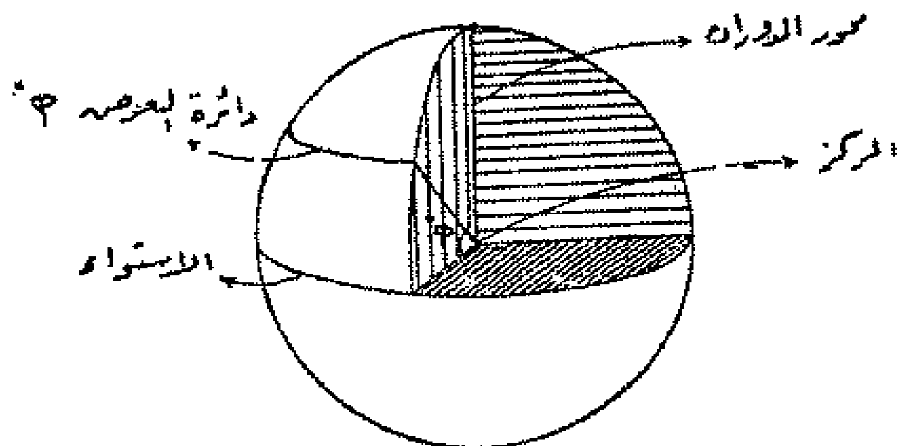
لقط التقسيم تساوى (١°) درجة واحدة لأن ١٨٠ درجة تقابل ١٨٠ قسما .

وأطلق على نصف مجموعة دوائر العرض الواقعة للشمال من دائرة الاستواء اسم دوائر العرض الشمالية — وأطلق على النصف الآخر اسم دوائر العرض الجنوبية .

وتم ترقيم دائرة عرض الاستواء بالرقم (صفر) ودائرة العرض الشمال المجاورة بالرقم (١° شمال) ثم (٢° شمال) ثم ... إلى (٩٠° شمـــال) وهى نقطة القطب الشمالى .

وبنفس الطريقة رقمت دوائر العرض الجنوبية من (١° جنوب) ... إلى (٩٠° جنوب) وهى نقطة القطب الجنوبى .

ودوائر العرض على سطح الأرض تماثل الخطوط الافقية المتوازية فى حالة السطح المستوى والتى تعطى قيـــاسا للبعد الرأسى . وفى حالة الكرة الأرضية يكون البعد الرأسى هو الزاوية عند مركز الأرض ابتداء من الاستواء وتسمى زاوية العرض .



شكل ٨

زاوية العرض

هى الزاوية الواقعة فى مستوى دائرة من دوائر الطول ورأسها عند مركز الدائرة وضلعها الأساسى يمر فى مستوى الاستواء والضلع الآخر يمر فى دائرة من دوائر العرض .

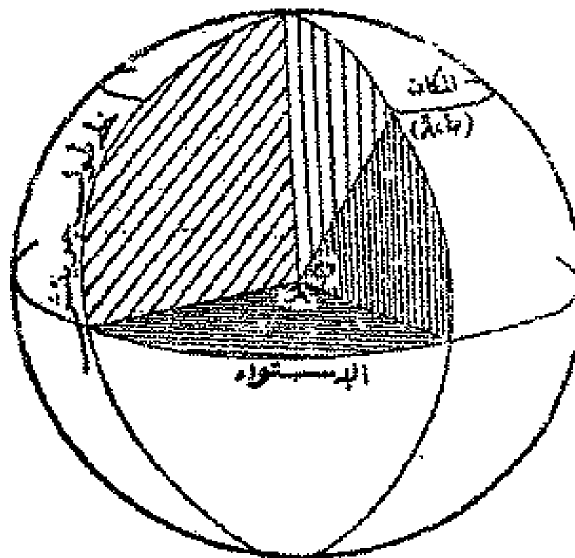
ويتضح من هذا التعريف أن عدد دوائر العرض على سطح الأرض ليس ١٨٠ ، بل يمكن رسم دائرة عرض فى أى مكان على سطح الأرض وتتحدد قيمتها بالزاوية المذكورة فى التعريف .

مثال (١) زاوية العرض ١٨ر٣٩″ ٢٥′ ٧٤° شمال

مثال (٢) « « ٦٨ر٣٤٠٩٢ جرادة جنوب

تعيين موقع مكان على سطح الأرض

للتعرف على موقع مكان على سطح الأرض عرضه ϕ من الدرجات شمال الاستواء وطوله λ من الدرجات شرق جرينتش يتبع الآتى :



شكل ٩

١ — ترسم زاوية فى مستوى الاستواء مركزها عند مركز دائرة الاستواء وضلعها الاساسى يمر فى خط طول جرينتش ، ومقدارها λ من الدرجات . وعند تقابل الضلع الآخر للزاوية مع سطح الأرض يرسم خط الطول يمر بالقطبين.

٢ — فى مستوى خط الطول ترسم زاوية رأسها عند مركز الأرض وضلعها الاساسى فى مستوى الاستواء ومقدارها φ من الدرجات . يتقابل الضلع الآخر للزاوية مع سطح الأرض عند الموقع المطلوب .

وبتعبير آخر يتحدد الموقع عند نقطة تقاطع خط الطول λ درجة شرق جرينتش مع دائرة العرض φ درجة شمال الاستواء .

حساب المسافات والمساحات على سطح الأرض

تسمى شبكة خطوط الطول والعرض المرسومة على الخريطة باسم الهيكل الجغرافى . ولذلك يلزم التعرف على أطوال خطوط الطول والعرض المرسومة أصلا على سطح الأرض وكذلك التعرف على المساحات المحصورة بينها .

أولا : أطوال الأقواس

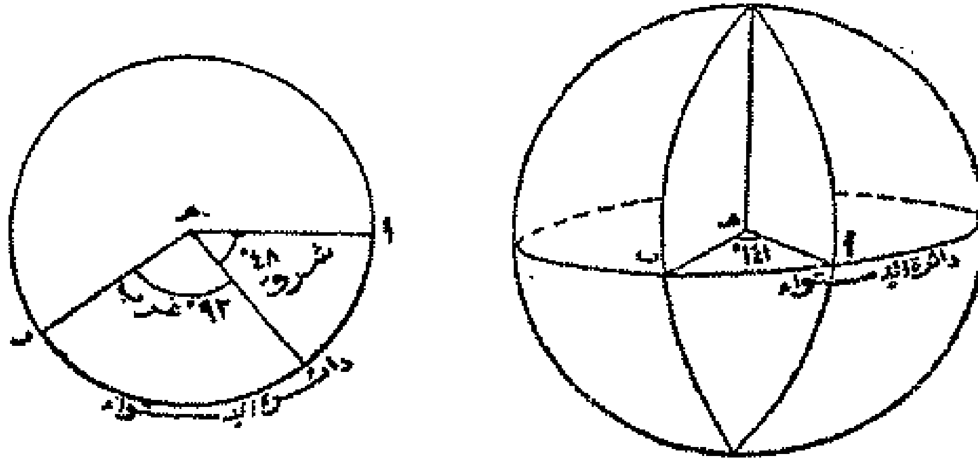
طول قوس من دائرة يقابل زاوية مقدارها θ°

عند مركز الدائرة حيث نصف قطرها نق $= \theta^\circ \times \frac{ط}{١٨٠} \times$ نق

مثال (١)

لايجاد طول قوس على دائرة الاستواء يقع بين نقطتى تقاطع الاستواء مع

خطى الطول ٤٨° شرق (ا) ، ٩٣° غرب (ب)



شكل ١١ شكل ١٠

الزاوية عند مركز الأرض بين النقطتين ا م̂ ب = ٤٨ + ٩٣ = ١٤١°

نصف قطر دائرة الاستواء = ٦٣٧٠ كيلو متر

طول القوس ا ب = ١٤١ × ط / ١٨٠ × ٦٣٧٠ = ١٥٦٧٦ كيلومتر تقريبا

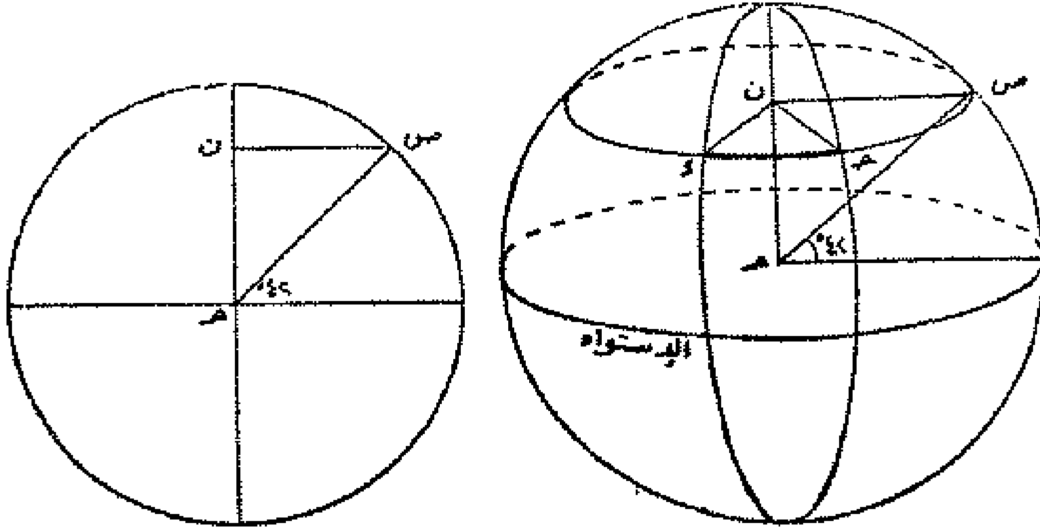
مثال (٢)

لإيجـــاد طول قوس على دائرة العرض ٤٢° شمال بين بين نقطتى تقاطعها مع خطى الطول ٢٧° شرق (حـ) ، ٩٨° غرب (ء)

زاوية حـ ن ء = ٢٧ + ٩٨ = ١٢٥°

نصف قطر دائرة العرض ٤٢° (ص ن) = ص م × جتا ٤٢°

= ى × جتا ٤٢°



شكل ١٣ شكل ١٢

طول القوس جـ ء = ١٢٥° × $\frac{\text{ط}}{١٨٠}$ × ص ن

= ١٢٥ × $\frac{\text{ط}}{١٨٠}$ × ق × جتا ٤٢°

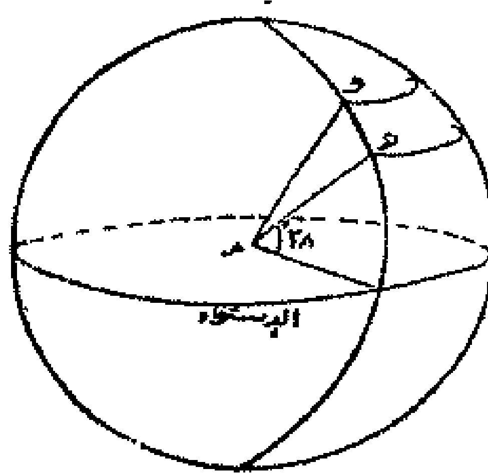
= ١٠٣٢٧ر٦ كيلو متر

مثال (٣)

لايجاد طول قوس على أى خط طول (وجميع خطوط الطول متساوية) بين نقطتى تقاطعه مع دائرتى العرض ٣٨° شمال (هـ) ، ٥٣° شمال (و)

زاوية هـ م و = ٥٣ — ٣٨ = ١٥°

نصف قطر دائرة الطول = ق = ٦٢٧٠ كيلو متر



شكل ١٤

طول القوس هـ و = ١٥ × $\frac{ط}{١٨٠}$ × س = ١٦٦٧٫٧ كيلومتر

<u>ثانيا : مساحة منطقة</u>

مساحة منطقة محصورة بين دائرتى العرض ϕ_1 ، ϕ_2

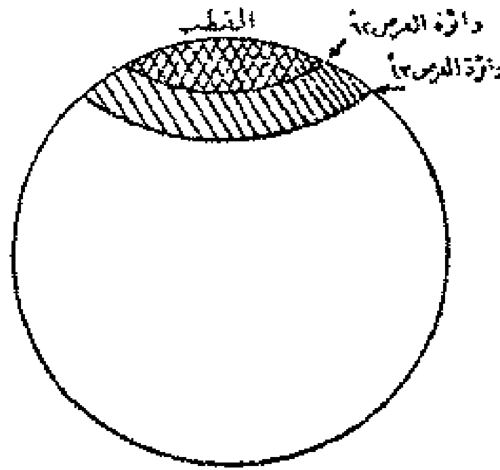
= ٢ ط س٢ (جا ϕ_1 — جا ϕ_2)

<u>مثـــال (١)</u>

لايجـــاد مساحة المنطقـة المحصورة بين دائرتى العرض ٤٣° شمال ، ٦٢° شمال .

المساحة = ٢ ط س٢ (جا ٦٢° — جا ٤٣°)

٥١٫٢٣ مليون كيلو متر مربع



شكل ١٥

ـــال (٢)

لايجـــاد مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتي العرض ١٧° جنوب ،
٢° شمال .

المساحة = ٢ ط نق٢ (جا ١٧° ـ جا (ـ ٢٤°))

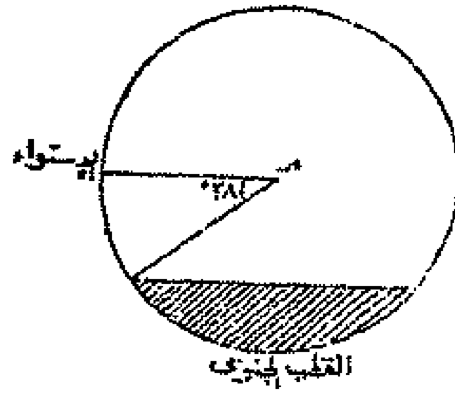
= ٢ ط نق٢ (جا ١٧° + جا ٢٤°)

= ٢٢ر٢٠٦ مليون كيلو متر مربع

ـــال (٣)

لايجـــاد مساحة المنطقة القطبية (طاقية كروية) التي يحـــدها دائرة
ض ٣٨° جنوب الاستواء

المساحة = ٢ ط نق٢ (جا ٩٠° ـ جا ٣٨°)



شكل ١٦

= ٢ ط ق٢ (١ — جا٣٨°)

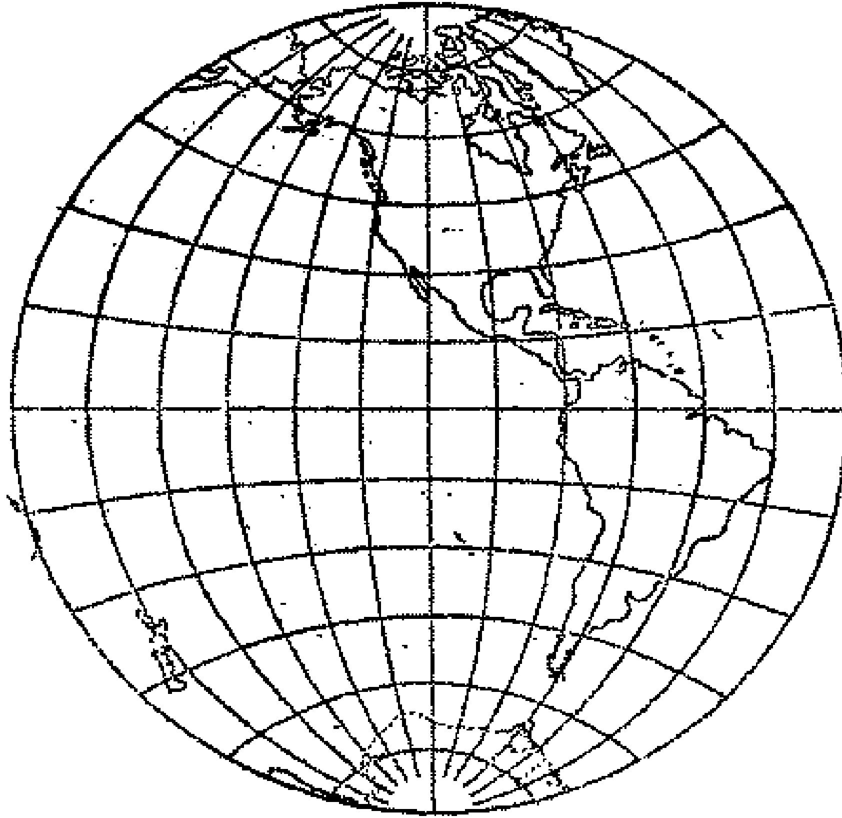
= ٩٨ مليون كيلو متر مربع تقريبا

الباب الرابع

المساقط المعدلة

المسقط الكروى

يستخدم هذا المسقط لبيان نصف العالم ، أو لبيان العالم كله فى مسقطين متجاورين . ولا يتميز هذا المسقط بأى من الخصائص الهندسية المميزة مثل تساوى المساحات أو تساوى المسافات ولكنه يتميز بسهولة الرسم كما وأنه يعطى شكلا جيدا للأرض .



شكل ١٧ نصف الكرة الغربى على مسقط كروى

طـــريقة الرسم

١ — يرسم دائرة تمثل نصف الكرة المطلوب

٢ — يرسم القطر الرأسى ليمثل خط الطول الاوسط وتمثل نهايته القطبين كما يرسم القطر الأفقى ليمثل نصف الإستواء الأرضى - أى ١٨٠° درجة طولية.

٣ — يقسم القطر الرأسى الى عـدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة منها تقاطع خط من الخطوط العرض مع خط الطول الأوسط .

كذلك يقسم الاستواء الى نفس العــدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة تقسيم منها تقاطع خط من خطوط الطول مع الاستواء (كل نقطة فى شكل ١٧ تمثل ١٥°)

٤ — يقسم كلا من النصف الشرقى والنصف الغربى من محيط الدائرة المحددة للمسقط الى نفس العــدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة تقسيم نهاية خط من خطوط العرض .

٥ — ترسم خطوط الطول على شــكل أقواس دوائر يمر كل منها بالقطبين وبإحدى نقط التقسيم على خط الإستواء .

٦ — ترسم دوائر العرض على شكل أقواس دوائر يمر كل منها بزوج من النقط المتناظرة على محيط الدائرة المحددة كما يمر بنقطة التقسيم المقابلة على خط الطول الأوسط .

حجـــم الدائرة المحددة للمسقط الكروى .

توجد ثلاثة طرق تحدد حجم الدائرة المحددة للمسقط .

١ ـ فى الطريقة الأولى يكون نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط مساويا لنصف قطر الأرض ٦٣٧٠ كيلو متر .

٢ ـ فى الطريقة الثانية تكون المسافة بين القطبين على المسقط مساوية للمسافة بين القطبين على سطح الأرض .

نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط = ½ ط ق = ١٠٫٠٠٠ كيلومتر

٣ ـ فى الطريقة الثالثة تكون مساحة الدائرة المحددة للمسقط مساوية لمساحة نصف الكرة الأرضية .

فإذا كان نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط ق م

$$ط\ ق_م^٢ = ٢\ ط\ ق^٢$$

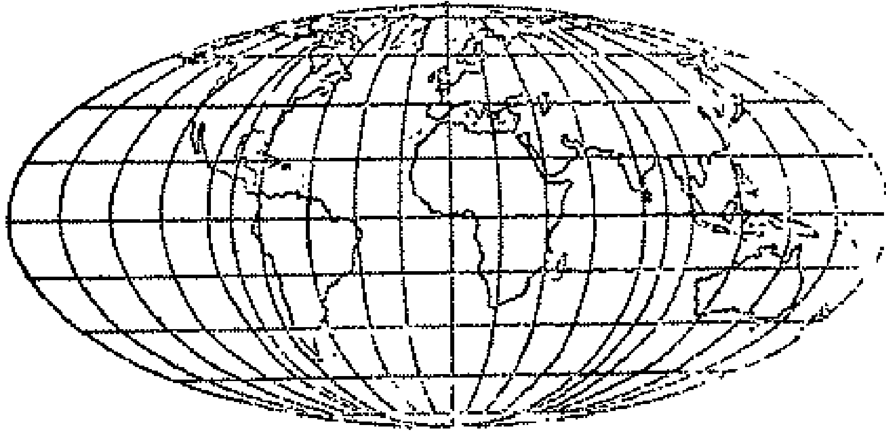
$$ق_م = \sqrt{٢}\ ق = \sqrt{٢} \times ٦٣٧٠$$

= ٩٠٠٠ كيلو متر تقريبا

٢ ـ مسقط مولفايدى

يستخدم هذا المسقط فى خرائط التوزيعات للعالم كله أو لأجزاء من العالم يتوسطها خط الاستواء مثل المحيط الهادى أو المحيط الأطلسى او قارة افريقيا .

ويتميز بتساوى المساحات كما وأن شكلة العام لطيف



شكل ١٨

العالم على مسقط مولفايدى

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافى

١ ـ المسقط متساوى المساحات

٢ ـ خطوط العرض مستقيمة ومتوازية

٣ ـ خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة ماعدا خط الطول الأوسط فهو مستقيم عمودى على الاستواء وكذلك خطى الطول اللذين يبتعدان ٩٠° عن خط الطول الأوسط فهما يشكلان الحالة الخاصة للقطع الناقص الذى يتخذ فيها شكل دائرة .

٤ ـ طول خط الاستواء على المسقط يساوى ضعف طول خط الطول الأوسط .

طريقة الإنشاء

١ ـ يرسم القطع الناقص المحدد للمسقط والذى فيه طول المحور الأكبر

(٢ ا) ، أى ضعف طول المحور الأصغر (٢ ب) ، وبحيث تكون مساحة القطاع كله مساوية لمساحة سطح الأرض كلها .

فإذا كانت مساحة القطاع المحدد = ط × ا × ب = ط × ٢ ب × ب

وكانت مساحة سطح الارض = ٤ ط نق٢

٢ ط ب٢ = ٤ ط نق٢

ب = √٢ نق

نصف طول المحور الاصغر للقطع (ب) = √٢ نق = ٩٠٠٨,٥ كيلو متر

نصف طول المحور الأكبر (ا) = ١٨٠١٧,٠ «

٢ ـ يقسم المحور الأكبر للقطاع والذى يمثل الاستواء الارضى (٣٦٠° طوليه) الى عدد من الاقسام المتساوية (١٨ قسما فى شكل ١٨ وتمثل كل نقطة تقسيم ٢٠° طولية)

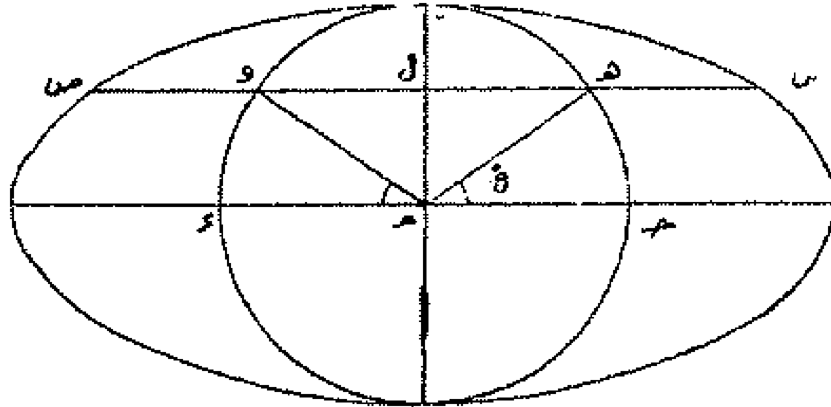
٣ ـ ترسم خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة تمر كل منها بالقطبين وباحدى نقط التقسيم على الاستواء .

(تكون المساحات المحصورة بين خطوط الطول على المسقط مساوية للمساحات المناظرة على سطح الأرض)

٤ ـ ترسم خطوط العرض مستقيمة موازية للاستواء وعلى أبعاد منه تحقيق خاصية تساوى المساحات

وللتعرف على تلك الأبعاد :

(أ) نفرض أن الخط س ص المرسوم موازيا للاستواء فى شكل ١٩ يمثل خط العرض φ شمال الاستواء .



شكل ١٩

(ب) اذا رسمنا الدائرة التى تشترك مع القطع الناقص المحدد فى المركز (م) ونصف قطرها يساوى طول نصف المحور الأصغر للقطع = ٢√ س فإن هذه الدائرة تمثل خطى الطول ٩٠° شرق ، ٩٠° غرب الطول الأوسط .

(حـ) نفرض أن دائرة الطول ٩٠° تقطع الاستواء فى النقطتين حـ ، وكما تقطع خط العرض φ الموازى للاستواء فى هـ ، و

ونفرض أن هـ م يصنع زاوية مقدرها θ مع خط الاستواء .

المساحة على الرسم بين خط العرض φ والاستواء = ضعف مساحة الشكل حـ ء و هـ

٢ ط س٢ جا φ = ٤ امثال الشكل حـ م ل هـ

٢ط نق٢جا φ = ٤ (مساحة القطاع حـ م هـ + مساحة المثلث هـ ل م)

= ٤ (½ × θ × م هـ٢ × $\frac{ط}{١٨٠}$ + ½ م ل × هـ ل)

$$= ٤ \left(\frac{1}{2} \times \text{ط} \times ٢\,\text{نق}^{2} \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} \times \sqrt{٢}\,\text{نق}\,\text{جا}\,\theta \times \sqrt{٢}\,\text{نق}\,\text{جتا}\,\theta \right)$$

$$= ٤\,\text{نق}^{2} \left(\theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} + \text{جا}\,\theta\,\text{جتا}\,\theta \right)$$

$$\text{ط}\,\text{جا}\,\phi = ٢\,\theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} + ٢\,\text{جا}\,\theta\,\text{جتا}\,\theta$$

$$\text{جا}\,\phi = \frac{\theta}{٩٠} + \frac{\text{جا}\,٢\theta}{\text{ط}}$$

(و) بعد إيجاد قيمة θ من العلاقة السابقة يرسم خط العرض بحيث يبعد عن خط الاستواء بمسافة م ل = م هـ جا θ

$$\text{م ل} = \sqrt{٢}\,\text{نق}\,\text{جا}\,\theta$$

الجدول الآتي يعطي قيم الزوايا θ المقابلة لقيم ϕ والتي يمكن الحصول عليها من حل المعادلة المذكورة في (هـ) بيانيا . كما يعطي الجدول ايضا قيم أبعاد خطوط العرض عن خط الاستواء . ويعطي الجدول ايضا طول المسافة على خط العرض ϕ والتي تمثل ٩٠° طولية وهذه يمكن استخدامها لإيجاد المسافة على خطوط العرض لأي عدد من الدرجات الطولية .

العرض φ	θ			بعد خط العرض φ من الاستواء √٢ ٢٠٢٤ جا θ	طول مسافة على خط العرض φ تمثل ٩٠° طولية √٢ ٣ق جتا θ
٥°	٠٦′	٣°	= ٣٫٩٣٣°	٦١٨ كم	٨٩٨٨
١٠	٥٢	٧	٧٫٨٦٦	١٢٣٦	٨٩٢٤
١٥	٤٩	١١	١١٫٨١٦	١٨٤٧	٨٨١٦
٢٠	٤٧	١٥	١٥٫٧٨٣	٢٤٥٢	٨٦٧٠
٢٠	٤٧	١٩	١٩٫٧٨٣	٣٠٥١	٨٤٧٨
٣٥	٥٠	٢٣	٢٣٫٨٣٣	٣٦٣٧	٨٢٣٦
٣٠	٥٥	٢٧	٢٧٫٩١٦	٤٢١٧	٧٩٥٦
٤٥	٠٤	٣٢	٣٢٫٠٦٦	٤٧٧٨	٧٦٣١
٤٥	١٨	٣٦	٣٦٫٣٠٠	٥٣٣٢	٧٢٦٢
٥٠	٣٨	٤٠	٤٠٫٦٣٣	٥٨٦٧	٦٨٢٥
٥٥	٠٥	٤٥	٤٥٫٠٨٣	٦٣٩٦	٦٣٥٧
٦٠	٤١	٤٩	٤٩٫٦٨٣	٦٨٩٧	٥٨٢٩
٦٥	٢٨	٥٤	٥٤٫٤٦٦	٧٣٣٢	٥٢٣٦
٧٠	٣٢	٥٩	٥٩٫٥٣٣	٧٧٦٥	٤٥٦٧
٧٥	٥٨	٦٤	٦٤٫٩٦٦	٨١٩٠	٣٨٠٩
٨٠	٥٥	٧٠	٧٠٫٩١٦	٨٥١٠	٢٩٤٣
٨٥	٠٤	٧٨	٧٨٫٠٦٦	٨٨١٠	١٨٦٠
٩٠	٠٠	٩٠	٩٠٫٠٠٠	٩٠٠٨	صفر

مثال

حساب الأبعاد الأساسية في مسقط مولفايدي بمقياس ١ : ٥٠ مليون للعالم كله .

ع = ١٢ر٧٤ سم

طول نصف المحور الأصغر للقطع المحددة = $\sqrt{٢}$ ق = ١٨ر٠١٧ سم

طول نصف المحور الأكبر = ٣٦ر٠٢٤ سم

بعد خط العرض ١٠° عن الاستواء = $\frac{١٢٣٦ \times ١٠٠٠٠٠٠}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠}$ = ٢ر٤٧٢ سم

« « ٢٠ « « « = $\frac{٢٤٥٣ \times ١٠٠٠٠٠٠}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠}$ = ٤ر٩٠٤ سم

بعد خط العرض ٣٠° عن الاستواء = $\frac{٣٦٣٧ \times ١٠٠٠٠٠٠}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠}$ = ٧ر٢٧٤ سم

بعد خط العرض ٧٠° عن الاستواء = $\frac{٧٧٦٥ \times ١٠٠٠٠٠٠}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠}$ = ١٥ر٥٣٠ سم

« « ٨٠° « « « = $\frac{٨٥١٠ \times ١٠٠٠٠٠٠}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠}$ = ١٧ر٠٢٠ سم

طول مسافة على خط العرض ١٠° تمثل ١٨٠° طولية

= $\frac{٨٩٢٤ \times ٢ \times ١٠٠٠٠٠٠}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠}$ = ٣٥ر٦٩٦ سم

طول مسافة على خط العرض ٢٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$= \frac{١٠٠\ ٠٠٠ \times ٢ \times ٨٦٧٠}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠} = ٣٤٫٦٨٠\text{سم}$$

طول مسافة على خط العرض ٣٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$= \frac{١٠٠\ ٠٠٠ \times ٢ \times ٨٢٣٦}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠} = ٣٢٫٩٤٤\text{سم}$$

⋮ ⋮ ⋮ ⋮

طول مسافة على خط العرض ٧٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$= \frac{١٠٠\ ٠٠٠ \times ٢ \times ٤٥٦٧}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠} = ١٨٫٢٦٨\text{سم}$$

طول مسافة على خط العرض ٨٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$= \frac{١٠٠\ ٠٠٠ \times ٢ \times ٢٩٤٣}{٥٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠} = ١١٫٧٧٢\text{سم}$$

مثال

مسقط مولفايدى للمحيط الهادى بمقياس ١ : ١٠ مليون، خط الطول الأوسط ١٦٠° غرب وتمتد الخريطة من العرض ٧٠° شمال الى العرض ٧٠° جنوب ، كما تمتد من الطول ٧٠° غرب الى الطول ١١٠° شرق

نق = ٦٣٫٧٠ سم

والاتساع الطولى للخريطة ١٨٠° طولية

$$\text{بعد خط العرض ٥° عن الاستواء} = \frac{١٠٠\ ٠٠٠ \times ٦١٨}{١٠\ ٠٠٠\ ٠٠٠} = ٦٫١٨\text{سم}$$

بعد خط العرض ١٠ عن الاستواء = ١٢٫٣٦ سم

» » ١٥ » » = ١٨٫٤٧ سم

» » ٢٠ » » = ٢٤٫٥٢ سم

طول مسافة على خط الاستواء تمثل ٩٠° طولية

= ٢√٢ ق = ٩٠٠٠٨٥ سم

طول مسافة على خط العرض ٥° تمثل ٩٠° طولية

$$= \frac{٨٩٨٨ \times ١٠٠\,٠٠٠}{١٠\,٠٠٠\,٠٠٠} = ٨٩٫٨٨ \text{ سم}$$

طول مسافة على خط العرض ١٠° تمثل ٩٠ طولية = ٨٩٫٢٤ سم

» » » » ١٥ » » » = ٨٨٫١٩ سم

» » » » ٢٠° » » » = ٨٦٫٧٠ سم

٣ — مسقط سانسون فلامستيد
(المسقط الجيبي)

يشترك هذا المسقط في بعض خصائص مسقط مولفايدي ويستخدم لنفس الأغراض التي يستخدم فيها مسقط مولفايدي ولكنه يتميز على مسقط مولفايدي بسهولة حساباته . ويتعرض مسقط سانسون فلامستيد لتشويه كبير في المناطق البعيدة عن المركز .



شكل ٢٠

العالم على مسقط سانسون فلامستيد

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافى

١ – المسقط متساوى المساحات

٢ – خطـــوط العرض مستقيمة ومتوازية وتبعـــد عن بعضها بنفس المسافات المتساوية التى تبعد بها على السطح الكروى للأرض

٣ – كل خط عرض يساوى فى طوله محيط دائرة العرض المناظرة على سطح الأرض

٤ – خطوط الطول على شكل منحنيات الجيب ما عدا خط الطول الأوسط فهو مستقيم عمودى على الاستواء

٥ – خط الطـــول الأوسط يساوى فى طوله ، أحد خطوط الطـــول الاصلية على سطح الارض . أى يساوى نصف طول خط الاستواء المرسوم على الخريطة .

طريقة الإنشاء

شكل ٢١

١ — يرسم خط أفقى ا ب يمثل الاستواء طوله ٢ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر

٢ — يرسم خط رأسى هـ و عمودى على الاستواء عند منتصفه ـ يمثل الطول الأوسط وطوله ٢٠٠١٢ كيلومتر . هـ ، و تمثلان القطبين وهما متساويتا البعد عن الاستواء .

٣ — يقسم الطول الأوسط الى اقسام متساوية تمثل كل نقطة تقسيم منها التقاطع مع أحد خطوط العرض (١٢ قسما فى شكل ٢١ يمثل كل منها ١٥° عرضية)

٤ — ترسم خطوط العرض مستقيمة وموازية للاستواء وتمر بنقط التقسيم على خط الطول الأوسط ويكون طول كل خط منها مساويا طول الاستواء × جتا العرض وبالتساوى من كلا جانبى الطول الأوسط .

طول خط العرض ١٥° = طول الاستواء × جتا ١٥ = ٣٨٦٦٠ كيلومتر

« « « ٣٠ = « × جتا ٣٠ = ٣٤٦٦٢ «

طول خط العرض ٤٥ = » × جتا ٤٥ = ٢٨٣٠١ كيلو متر

» » » ٦٠ = ٢٠٠١٢ »

» » » ٧٥ = ١٠٣٥٦ »

٥ — يقسم كل خط عرض الى أقسام متساوية ، تمثل كل نقطة تقسيم منها التقاطع مع خط من خطوط الطول (٢٤ قسما فى شكل ٢١ يمثل كل منها ١٥° طولية)

٦ — نصل بين نقط التقسيم المتناظرة على خطوط العرض فتنتج خطوط الطول .

رسم مسقط سانسون فلامستيد بمقياس كبير

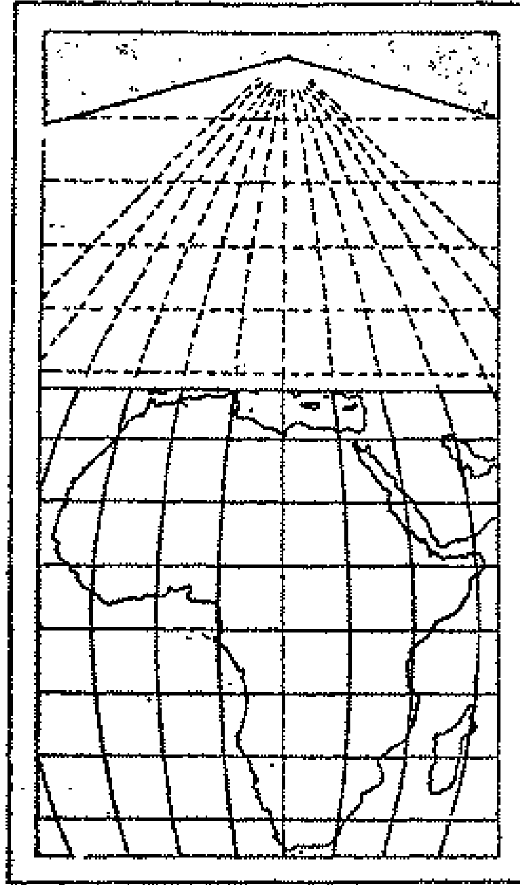
عند انشاء المسقط لجزء من العالم — بمقياس كبير — ترسم خطوط العرض طبقا لأطوالها الحقيقية وأبعادها الحقيقية عن بعضها ثم تقسم الى أقسام متساوية وفى النهاية نصل بين نقط التقسيم المتناظرة

مثال

مسقط سانسون فلامستيد لأفريقيا بمقياس ١ : ١٠ مليون فيه الطول الأوسط ٢٠° شرق ويمتد من الطول ٢٠° غرب الى ٦٠° شرق كما يمتد من العرض ٤٠° شمال الى ٤٠° جنوب .

نق = ٦٣٫٧٠ سم

الاتساع الطولى للخريطة = ٨٠° طولية



شكل ٢٢

افريقيا على مسقط سانسون فلامستيد

طول خط الاستواء على الخريطة = ٨٠ × ط / ١٨٠ × ٦٣٫٧ =

٨٨٫٩٤٢ سم

طول خط العرض ١٠° « « = ٨٨٫٩٤٢ × جتا ١٠ = ٨٧٫٠٩١

« « « ٢٠° « « = ٨٨٫٩٤٢ × جتا ٢٠ = ٨٣٫٠٧٨

« « « ٣٠° « « = ٨٨٫٩٤٢ × جتا ٣٠ = ٧٧٫٠٢٦

« « « ٤٠° « « = ٨٨٫٩٤٢ × جتا ٤٠ = ٦٨٫١٢٤

طول خط الطول الأوسط من العرض ٤٠° شمال الى العرض ٤٠° جنوب

$$= ٨٠ \times \frac{ط}{١٨٠} \times ٦٣،٧٠ = ٨٨،٩٤٢ \text{ م}$$

يقسم خط الطول الأوسط الى اقسام متساوية

٤ — مسقط كافرايسكى

يتلافى هذا المسقط التشويه الزائد الذى يظهر فى مسقط مولفايدى وايضا فى مسقط سانسون فلامستيد بعيدا عن مركز الخريطة . ويستخدم لتمثيل العالم على لوحة واحدة كما يستخدم أيضا لخرائط أجزاء من العالم لا يدخل فيها المنطقتين القطبيتين

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافى

١ — خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وتبعد عن بعضها بنفس المسافات التى تبعد بها على السطح الكروى للأرض .

٢ — خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة ماعدا الطول الأوسط فهو على شكل مستقيم عمودى على الاستواء وخط الطول الذى يبعد ١٢٠° عن الطول الاوسط على شكل دائرة مركزها هو مركز الخريطة .

٣ — خط الطول الأوسط هو الخط الوحيد فى المسقط الذى يساوى طوله الحقيقى على سطح الارض

٤ — القطب يمثل بخط مستقيم موازى للاستواء ولذلك يتزايد التشويه كلما اقتربنا من القطب

طريقة الإنشاء

شكل ٢٣

١ — يرسم خط أفقى ا ب يمثل جزء منه (يتحدد فيما بعد) خط الاستواء

٢ — عند مركز الخريطة م الواقعة على ا ب يرسم خط رأسى هو و عمودى على ا ب يمثل الطول الأوسط .

طول هو و يساوى المسافة بين القطبين على سطح الارض

هو و = ط ب = ٢٠٠١٢ كيلومتر

يقسم هو و الى اقسام متساوية (١٢ قسما فى شكل ٢٣ وكل قسم يمثل ١٥° عرضية)

٣ — عند النقطة هو يرسم خط مستقيم ك ل يوازى الاستواء .

وجزء من ك ل (يتحدد فيما بعد) يمثل القطب

ويتكرر نفس العمل عند النقطة و

٤ – يرسم مستقيم يمر بالمركز م ويصنع زاوية ٦٠° مع الاستواء ليقابل ك ل عند نقطة س .

نقطة س تمثل تقاطع خط الطول ١٢٠° شرق الطول الأوسط مع خط القطب

٥ – من المركز م وبنصف قطر يساوى م س نرسم دائرة . جـزءا هذه الدائرة المحصوران بين القطبين يمثلان خطى الطول ١٢٠° شرق ، ١٢٠° غرب الطول الأوسط .

هذه الدائرة تقطع الاستـواء	ا ب	فى نقطتى ﻫ ، و
وتقطع القطب الشمالى	ك ل	فى نقطتى س ، ص
وتقطع امتداد الطول الأوسط	ﻫ و	فى نقطتى ى ، ن

٦ – عين النقطتين ح ، ط على المستقيم ا ب تمثلان نهايتى الاستواء بحيث تكون م ح = $\frac{٣}{٢}$ م ﻫ

(يصبح طول الاستواء ح ط ٣ أمثال م ﻫ = ٣ م س

طول الاستواء = ٣ م ﻫ قتا ٦٠°

= ٣ × $\frac{١}{٢}$ ط س × قتا ٦٠ = ٣٤٦٦٢ كيلو متر)

٧ – عين النقطتين ر ، ز على الخط ك ل تمثلان نهايتى القطب الشمالى بحيث تكون ﻫ ر = ﻫ ز = $\frac{٣}{٢}$ ﻫ س

(يصبح طول خط القطب ٣ أمثال ﻫ س

طول القطب = ٣ م ﻫ ظتا ٦٠°

= ٣ × $\frac{١}{٢}$ ط س × ظتا ٦٠ = ١٧٣٣١ كيلو متر)

وطول القطب يعادل نصف طول الاستواء

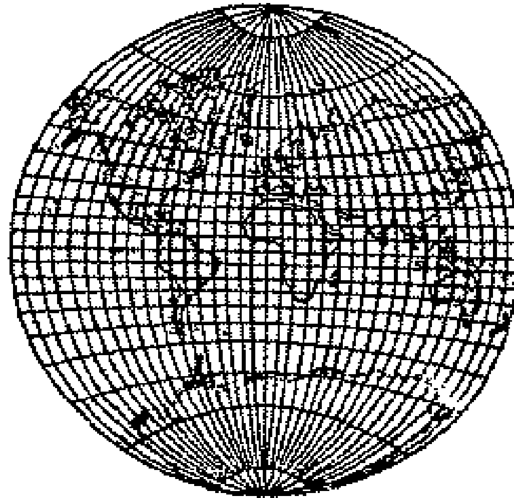
٨ — يقسم ح ط إلى أقسام الطول المتساوية .

٩ — ترسم القطاعات الناقصة التى تمثل خطوط الطول والتى تشترك فى المحور ى ن ويمر كل قطع منها بنقطتين متماثلتين من نقط تقسيم الاستواء ح ط .

١٠ — ترسم خطوط العرض مستقيمة ومتوازية ويمر كل منهـــا بإحدى نقط تقسيم خط الطول الأوسط هـ و .

٥ — مسقط فاندرجرينتن

ولو أن هذا المسقط قليل الاستخدام إلا أنه يعطى تمثيلا جيـــدا للمعالم الأرضية . فهو يتلافى التضاغط المتزايد للمعالم فى المناطق القطبية والذى يشاهد فى مسقط مولفايدى ومسقط سانسون فلامستيد ؛ كما يتلافى التبـــاعد المتزايد للمعالم فى المناطق القطبية فى مسقط كافرايسكى .



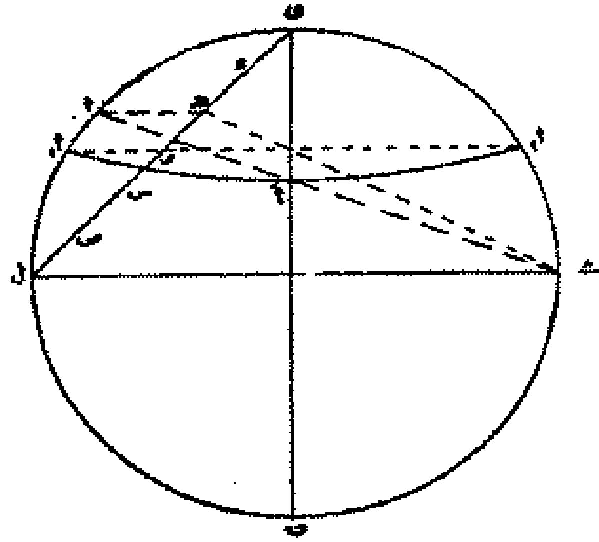
شكل ٢٤

العالم على مسقط فاندرجرينتن

ومن مميزات هذا المسقط على المساقط السالفة الذكر الخاصة برسم العالم أن دوائر الطول تظهر على شكل أقواس دوائر وليست على شكل قطاعات وأقواس الدوائر على المسقط أقرب إلى الشكل الحقيقي لها على سطح الأرض .

لايتميز هذا المسقط بأى من الخصائص الهندسية مثل تساوى المساحات أو غيرها ، ولكنه يتميز بسهولة الرسم .

طريقة الإنشاء



شكل ٢٥

١ — ترسم دائرة نصف قطرها يساوى قطر الارض = ١٢٧٤٠ كيلو متر .

٢ — يرسم القطر الافقى ك ل يمثل الاستواء ويرسم القطر الرأسى ن ى يمثل خط الطول الاوسط . وتكون ن ، ى نقطتى القطبين .

٣ — يقسم الاستواء إلى أقسام متساوية . وتمثل كل نقطة تقسيم تقاطع الاستواء مع خط من خطوط الطول .

٤ — ترسم خطوط الطول على شكل أقواس دوائر تمر بالقطبين وبنقط التقسيم على خط الاستواء .

٥ — ترسم دوائر العرض على شكل أقواس دوائر مركزها على خط الطول الأوسط أو امتداده وبحيث يمر كل قوس منها بثلاثة نقط مثل (ا َ ، ا، ، ا٢) يتم تحديدها كما يلي :

(ا) يقسم ى ل إلى عدد من الأقسام المتساوية عند النقط و ، هـ ، و ، س ، ص ... بحسب عدد دوائر العرض المطلوب رسمها .

(ب) من كل نقطة تقسيم يرسم خط يوازى القطر ك ل . كل من تلك الموازيات يقطع محيط الدائرة فى نقطة قريبة . (فى شكل ٢٥ الموازى من نقطة هـ يقطع محيط الدائرة فى ا) .

(حـ) نصل النقطة ك بالنقطة ا (وكذلك بباقى النقط على المحيط) فيقطع هذا الخط ك ا القطر الرأسى ى ن فى نقطة ا َ (كما تنتج أيضا نقط مماثلة) .

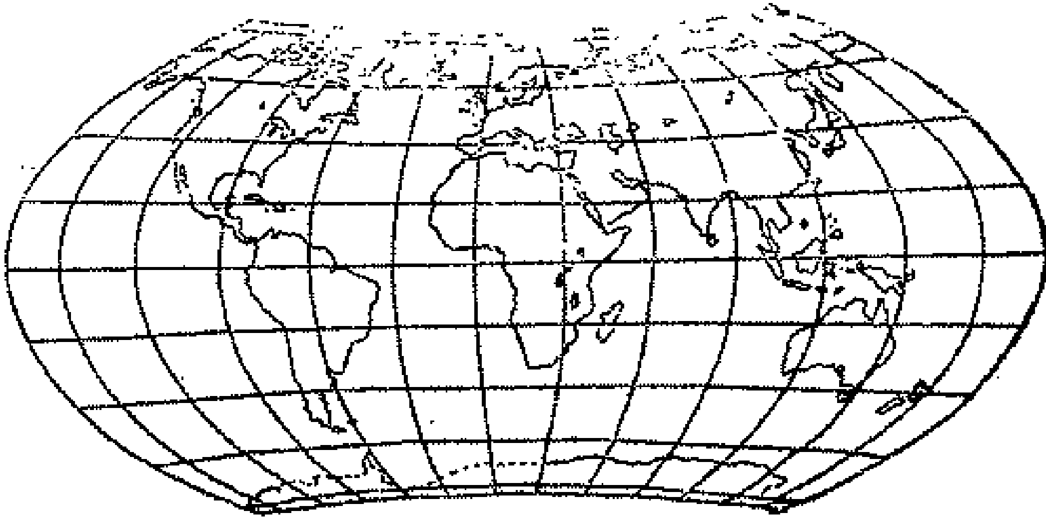
(ء) نصل النقطة ك بالنقطة هـ (وكذلك بباقى النقط المماثلة) ومن نقطة تقاطع ك هـ مع القطر الرأسى ى ن نرسم خطا افقيا موازيا للإستواء يقطع محيط الدائرة فى ا، ، ا٢ .

(هـ) يحدد قوس الدائرة ا، ا َ ا٢ دائرة العرض المطلوبة (٦٠° فى شكل ٢٥) .

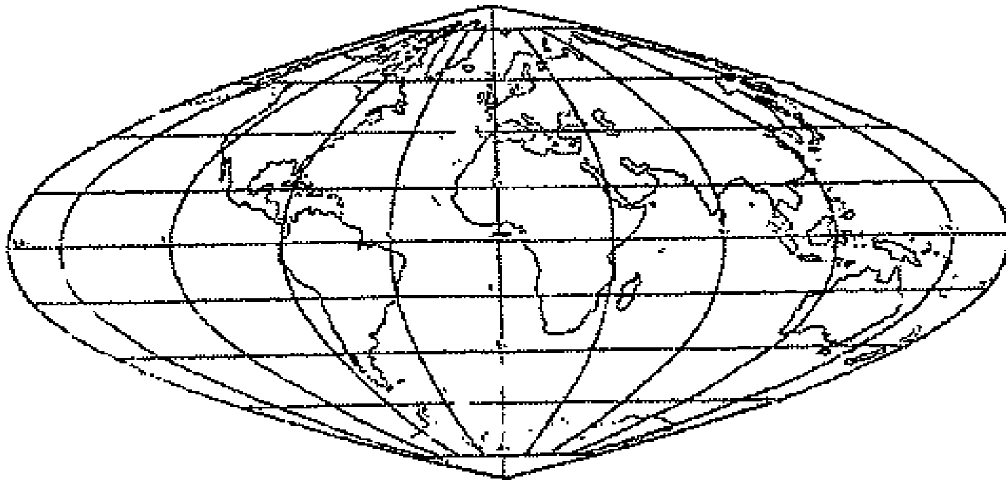
٦ — مساقط معدلة أخرى

صممت مساقط أخرى لتمثل العالم كله فى صور أحسن من المساقط السابق ذكرها . ولكن مازالت المساقط المذكورة وهى الكروى ومولفايدى وسانسون فلامستيد تحظى بشهرة كبيرة .

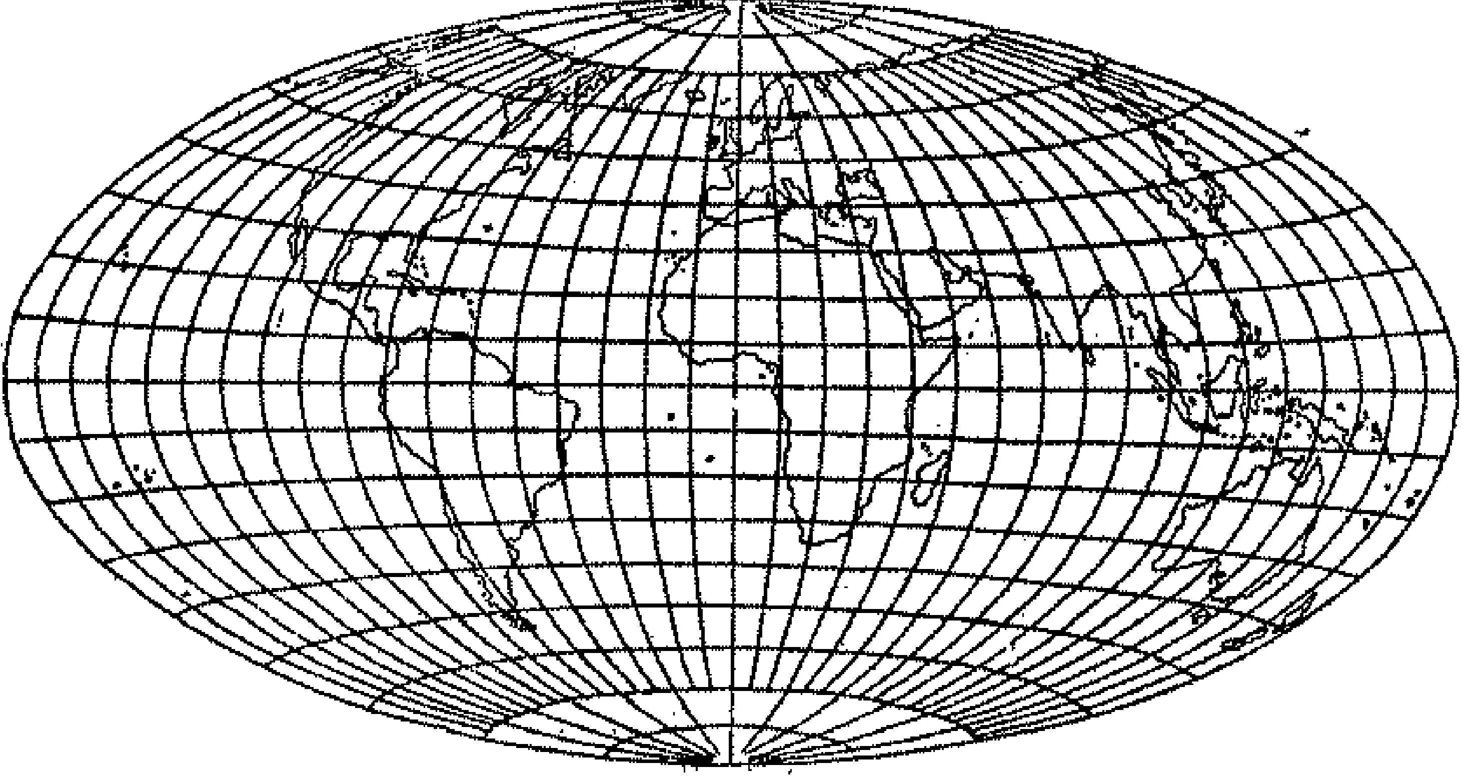
تبين الأشكال الآتية بعض المساقط المعدلة



شكل ٢٦
العالم على مسقط وينكل



شكل ٢٧



شكل ٢٨

العالم على مسقط هامر

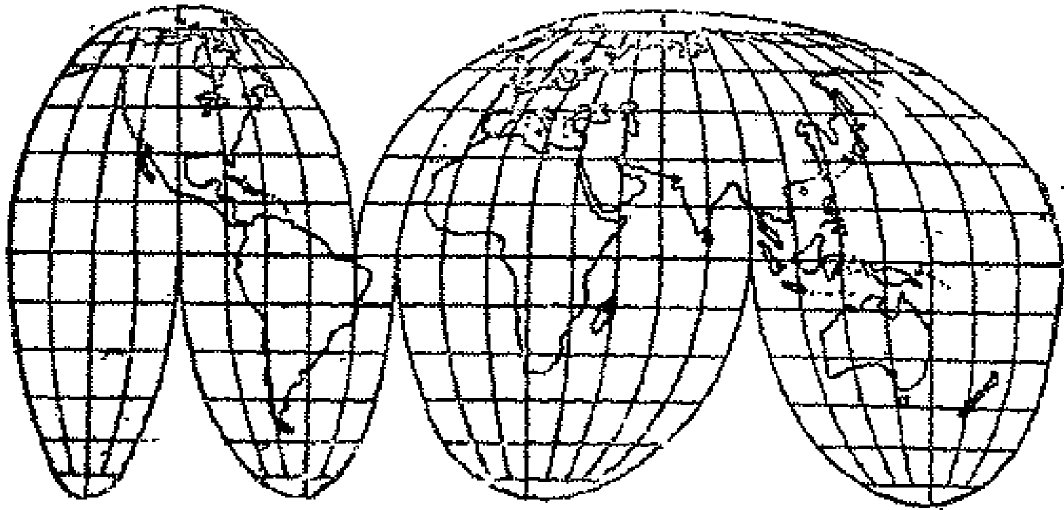
٧ — المساقط المتقطعة

يمكن قطع المسقط الذى يمثل العالم كله والذى تظهر فيه خطـــوط العرض خطوطا مستقيمة مثل مسقط مولفايدى ومسقط سانسون فلامستيد لأنه كما ذكرنا وكما يتضح من أشكال تلك المساقط يوجد تشويه كبير يتزايد مع الابتعاد عن مركز الخريطة .

يتم قطع المسقط على نصف خط من خطوط الطول — النصف الشمالى أو النصف الجنوبى .

وسيبقى خط الاستواء وحدة كاملة تصل أجزاء العالم ببعضها . عند بيان القارات فى هذه الحالة يتم قطع المسقط على خطوط الطول التى تمر فى المحيطات وعند بيان المحيطات يتم قطع المسقط على خطوط الطول التى تمر فى القارات

يحسن عدم قطع المسقط على خط الطول كله شمال وجنوب الاستواء إذ أن ذلك يبين الشكل الناتج وكأنه مسقطين متجاورين ويغير من الشكل المتكامل للمسقط .

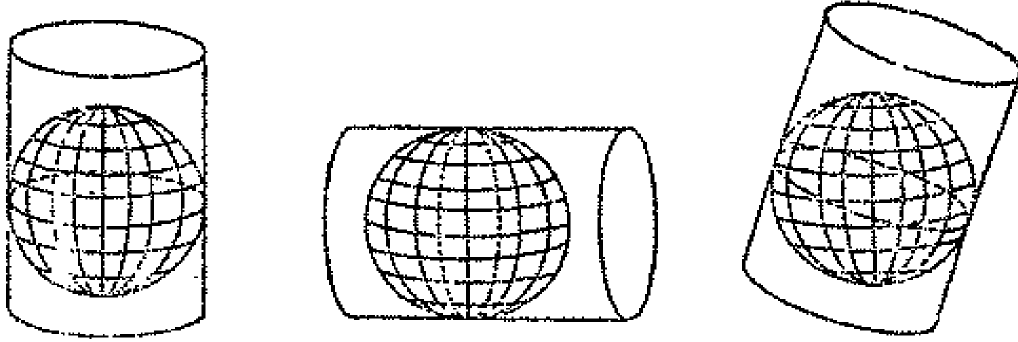


شكل ٢٩
مسقط مولفايدى المتقطع

الباب الخامس

المساقط الإسطوانية

فى هذه المجموعة من المساقط نبدأ بأسطوانة تمس الكرة الأرضية حول دائرة عظمى يمر مستواها بمركز الكرة الأرضية .



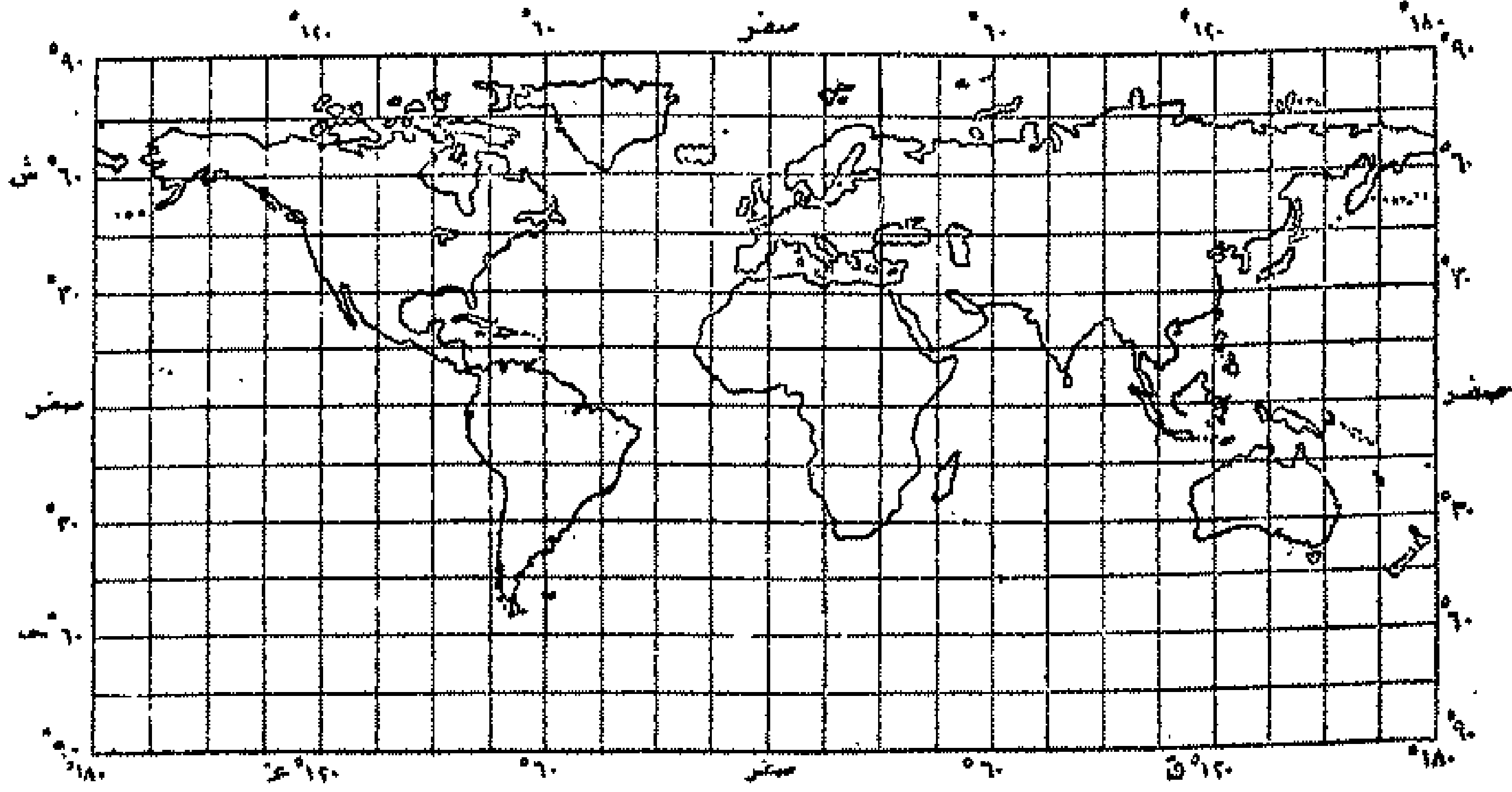
شكل ٣٠

هذه الاسطوانة قد تمس الأرض حول الاستواء وهى الحالة الشائعة ، وقد تمس الاسطوانة سطح الأرض حول احد خطوط الطول ويسمى المسقط الناتج فى هذه الحالة ، مسقط اسطوانى مستعرض ، وقد يكون التماس حول أى دائرة عظمى وعندئذ يسمى المسقط الناتج «مسقط اسطوانى منحرف» .

فى كل مسقط اسطوانى تكون دائرة التماس على الخريطة مطابقة تماما لنفس الدائرة على سطح الأرض .

١ - المسقط الاسطوانى البسيط

هذا المسقط قليل الإستخدام ولكنه يوضح طريقة إنشاء أى مسقط اسطوانى . والمساقط الأسطوانية عامة تتفق مع بعضها فى أن خطوط العرض



شكل ٣١

العالم فى مسقط اسطوانى بسيط

على المسقط تساوى فى أطوالها خط الاستواء . ومن هنا يتبين التشويه المتزايد الناتج مع الابتعاد عن الاستواء شمالا وجنوبا .

طـــريقة الرسم

ترسم شبكة من المربعات داخل مستطيل طوله يساوى طول خط الاستواء أى ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر وعرض المستطيل يساوى طـــول أحد خطوط الطول = ٢٠٠١٢ كيلو متر .

٢ ـــ المسقط الاسطوانى متساوى المساحات

يشبه هذا المسقط الى حد ما المسقط الاســـطوانى البسيط ولكنه يتميز عليه بخاصية تساوى المساحات . والمسافات بين خـــطوط الطول متساوية وتساوى المسافات المناظرة على خط الاستواء الأرضى ويتم التحكم فى المسافات بين خطوط العرض حتى تكون المساحات على المسقط مساوية للمساحات المناظرة على سطح الارض .

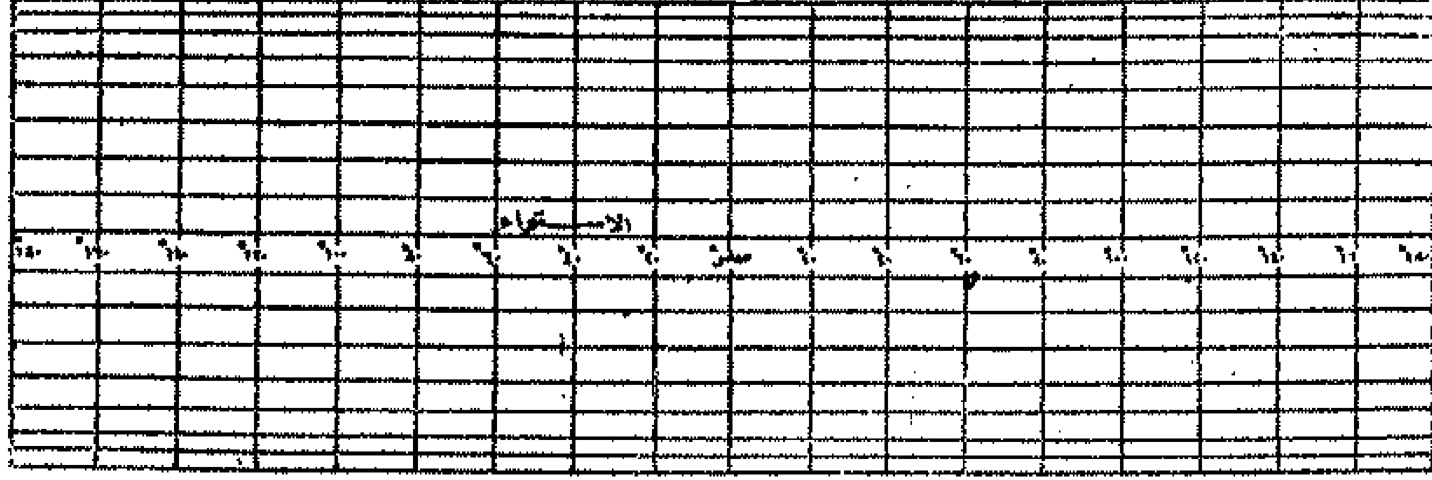
يستخدم هذا المسقط فى خرائط التوزيعات لمناطق مـــن العالم يتوسطها الاستواء .

ويتميز بسهولة إنشائه .

طريقة الإنشاء

١ ـــ يرسم خط أفقى يمثل الاستواء طوله ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر

٢ ـــ يقسم الاستواء الى اقسام متساوية ، تمثل كل نقطة تقسيم منها تقاطع خط الاستواء مع احد خطوط الطول



شكل ٣٢

الهيكل الجغرافى لمسقط اسطوانى متساوى المساحات

٣ — لما كانت مساحة منطقة على سطح الأرض بين الاستواء والعرض φ = ٢ ط س جا φ فهذه تساوى مساحة المستطيل المناظر على المسقط وطوله يساوى طول الاستواء = ٢ ط نق

∴ عرض المستطيل أى بعد العرض φ عن الاستواء = $\frac{\text{٢ط س جا } \phi}{\text{٢ط س}}$

= س جا φ

وعلى تلك الأبعاد ترسم خطوط العرض

<u>مثال :</u> مسقط اسطوانى متساوى المساحات العالم كله بمقياس ١ : ٢٠٠ مليون

نق = ٣ر١٨٥ سم

طول الاستواء = ٢ ط نق = ٢٠ر٠١٢ سم

بعد العرض ١٠° عن الاستواء = نق جا ١٠ = ٠ر٥٥٣ سم

« « ٢٠° « « = نق جا ٢٠ = ١ر٠٨٩ سم

« « ٣٠° « « = نق جا ٣٠ = ١ر٥٩٣ «

⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮

« « ٧٠° « « = نق جا ٧٠ = ٢ر٩٩٢ «

« « ٨٠° « « = نق جا ٩٠ = ٣ر١٨٥ «

٣ — المسقط الأسطوانى التشابهى
أو
مسقط مركيتور

هو أول مسقط تم تصميمه فى صورة علمية . وهو أهم مسقط فى المجموعة الاسطوانية وأكثر المساقط شهرة وهو الوحيد المستخدم فى خرائط الملاحة .

صمم جيراردوس مركيتور هذا المسقط ليعطى للملاحين خريطة تسهل لهم التعرف على خطوط السير بالبحار

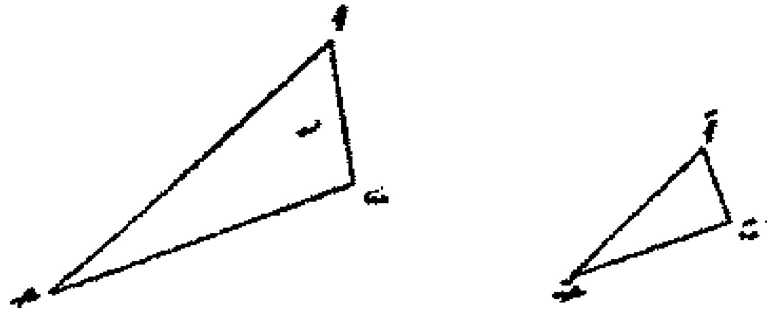
ولما كان الخط المستقيم هو أسهل الخطوط التى يمكن رسمها بين مكانين على الخريطة ، لذلك صمم مركيتور مسقطه بحيث أن الخط المستقيم المرسوم عليه يمثل خط اتجاه ثابت — وبذلك توصل إلى أن خطوط الطول وهى التى تحدد اتجاه الشمال لابد وأن تظهر على المسقط مستقيمه ومتوازية .

وبلغة المساقط يكون المسقط اسطوانيا :

خاصية التشابه

تتحقق هذه الخاصية فى هذا المسقط وفى مساقط أخرى أيضا .

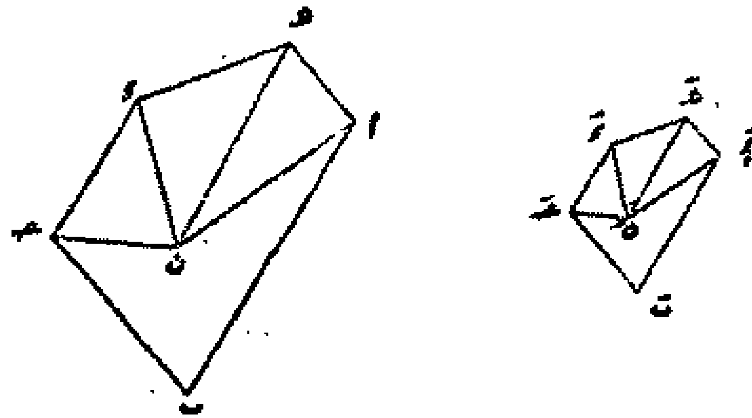
والتشابه الهندسى فى المساقط هو تشابه شكل منطقة صغيرة من سطح الخريطة مع شكل المنطقة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٣٢

يتشابه المثلثان ا ب حـ ، ا َ ب َ حـ َ إذا تساوت الزوايا فيهما . وفى هذه الحالة تتناسب الأضلاع المتناظرة ويكون

$$\frac{ا َ ب َ}{ا ب} = \frac{ب َ حـ َ}{ب حـ} = \frac{حـ َ ا َ}{حـ ا}$$

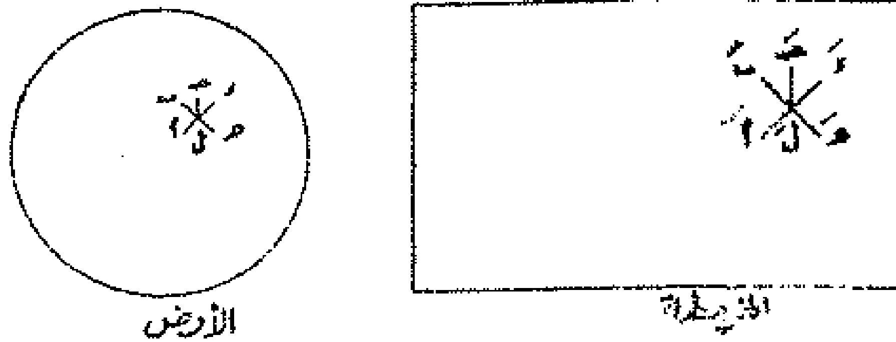


شكل ٣٤

وعندما يتشابه المضلعان ا ب حـ ء هـ ، ا َ ب َ حـ َ ء َ هـ َ تتساوى الزوايا المتناظرة .

كذلك لو أخذت نقطتان فى كل مضلع منها مثل ن ، ن َ وكانتا فى موضعين متناظرين بالنسبة للمضلعين تكون الزوايا بين ن ا ، ن ب ، ن حـ ، ن ء ... مساوية للزوايا بين ن َ ا َ ، ن َ ب َ ، ن َ حـ َ ، ن َ ء َ ...

ويكون $\frac{ن َ ا َ}{ن ا} = \frac{ن َ ب َ}{ن ب} = \frac{ن َ حـ َ}{ن حـ} = \cdots$



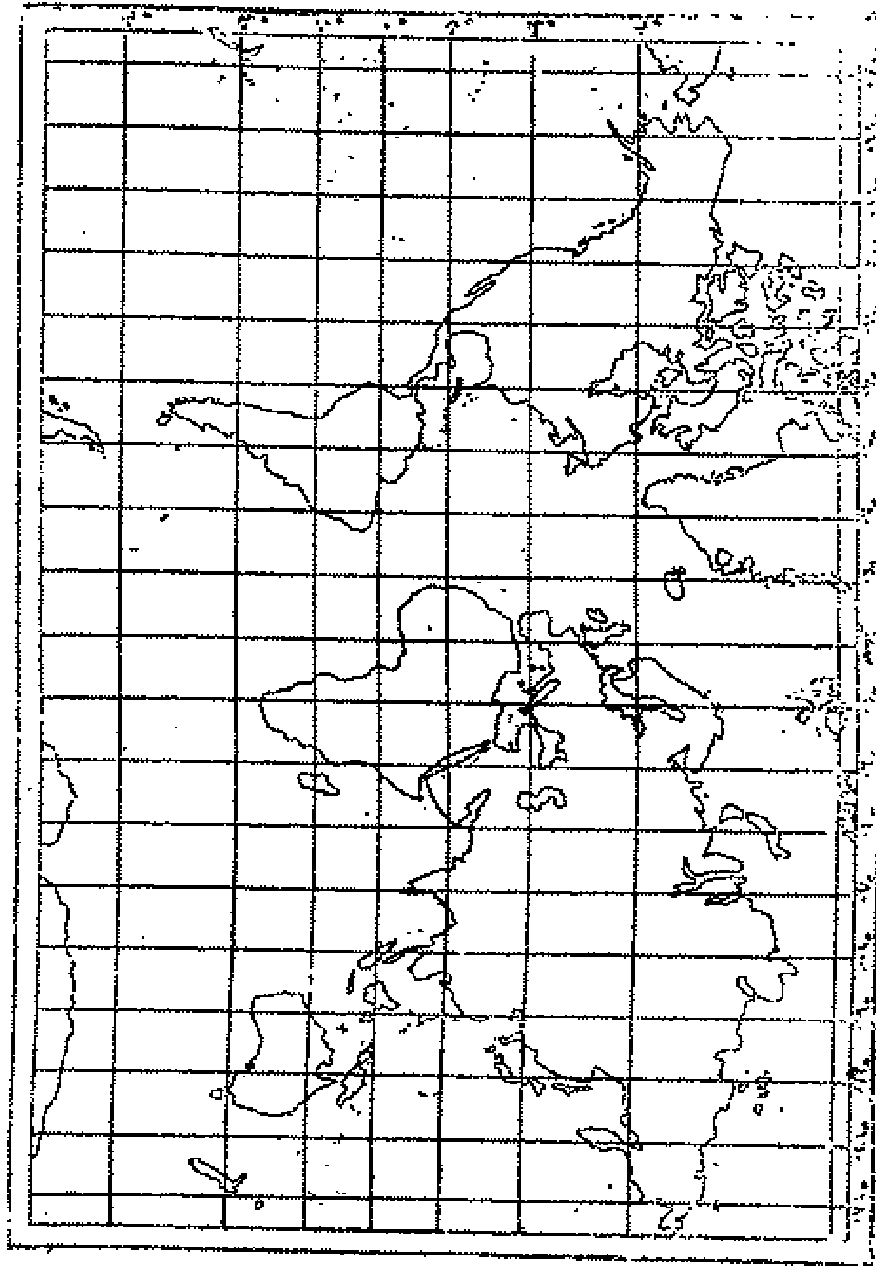
شكل ٣٥

وعندما تتشابه منطقة من سطح الأرض عند النقطة ل مع المنطقة المناظرة من سطح الخريطـــة عند النقطة ل َ ، تكون الزوايا المرسومة عند ل على سطح الأرض مساوية للزوايا المناظرة المرسومة عند ل َ على سطح الخريطة .

$$\text{ويكون}\quad \frac{\text{ل َ ا َ}}{\text{ل ا}} = \frac{\text{ل َ ب َ}}{\text{ل ب}} = \frac{\text{ا َ حـ َ}}{\text{ل حـ}} = \ldots$$

طريقة الإنشاء

كما يتبين من اسم المسقط « اسطوانى » يتكون الهيكل الجغرافى من مجموعتين من الخطوط المتوازية المتعامدة . المجموعة الأولى تمثل خطوط الطول وتكون على أبعاد من بعضها تساوى أبعادهـــا الحقيقية على خط الاستواء الارضى . والمجموعة الثانية تمثل خطوط العرض وتكون متعامدة مع مجموعة خطوط الطول . وكما يتبين من اسم المسقط «تشابهى» يلزم أن تتشابه المنـــاطق الصغيرة من سطح الخريطة مع المنـــاطق المنـاظرة من سطح الأرض . وهذه الخاصيـة التى تعنى تساوى الزوايا المتناظرة وأيضـا تنـاسب الأضلاع المتناظرة تحدد أماكن خطوط العرض .



شكل ٣٦

العالم على مسقط مركيتور

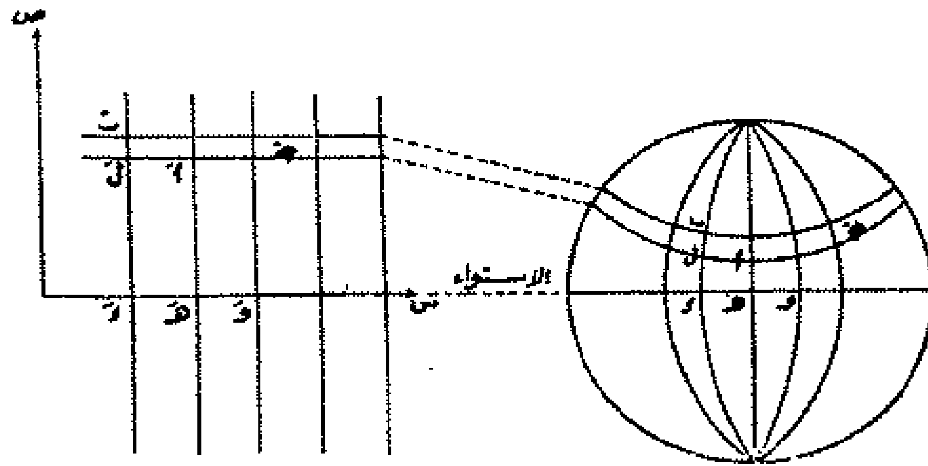
أولا : خطوط الطول

١ — يرسم خط أفقى يمثل الاستواء وطوله = ٢ ط نق = ٤٠٠٧٤ كيلومتر

٢ — يقسم الاستواء الى عدد من الاقسام المتساوية ، تمثل كل نقطة تقسيم منها تقاطع خط الاستواء مع أحد خطوط الطول .

٣ — ترسم خطوط الطول مارة بنقط تقسيم خط الاستواء وعمودية عليه

ثانيا : خطوط العرض



شكل ٢٧

لايجاد البعد على المسقط بين خط العرض ϕ وخط الاستواء أن نفرض هذا البعد بعد ص

ل ، م نقطتان على دائرة العرض ϕ وتبعدان عن بعضها بزاوية طول صغيرة مقدارها $\Delta \lambda$

ب نقطة على خط طول ل وتبعد عن ل بزاوية عرض صغيرة مقدارها $\Delta \phi$

نفرض أن لَ ، مَ ، بَ هى مساقط ل ، م ، ب على الخريطة .

نفرض أن ل َ ، ا َ تبعدان عن بعضها بمسافة Δ س

« « « ل َ ، ب َ « « « Δ ص

للتشابه بين الخريطة والأرض يـــكون

$$\frac{ل َ ب َ}{ل ب} = \frac{ل َ ا َ}{ل ا} \qquad (١)$$

$$ل َ ا َ = هـ َ و َ = هـ و = نق \Delta \lambda$$

كذلك $ل \ ا = نق \ جتا \phi . \Delta \lambda$

وأيضا $ل ب = نق . \Delta \phi$

وبالتعويض من العلاقات الثلاثة السابقة فى العلاقة (١)

$$\frac{\Delta \ ص}{نق \ \Delta \ \phi} = \frac{نق . \Delta \lambda}{نق \ جتا \phi . \Delta \lambda}$$

$$\Delta \ ص = نق \ قا \phi \ \Delta \phi$$

باتخاذ الاستواء على الخريطة محورا للسينات وأى خط من خطوط الطول محورا للصادات وبإجراء التكامل .

$$\int_{.}^{ص} و ص = \int_{.}^{\phi} نق \ قا \phi \ و \phi$$

$$ص = نق \ لو_{هـ} \ ظا \left(٤٥ + \frac{\phi}{٢}\right) = نق \ لو_{هـ} \left(قا \phi + ظا \phi\right)$$

وبالطبع س = نق . λ

ولحساب مسقط مركيتور لمنطقة من سطح الأرض بعيدة عن الاستواء نجد أن جميع الأطوال على المسقط أكبر بكثير من الأطوال المناظرة على سطح الأرض لذلك من المعتاد تصغير حجم الخريطة بنسبة جيب تمام العرض الأوسط للمنطقة وعندئذ تقترب الأطوال على المسقط من القيم الحقيقية لها على سطح الأرض .

مثال

لإيجاد أبعاد خريطة بمسقط مركيتور لمنطقة من سطح الأرض يحدها شمالا العرض ٥٨° شمالا ويحدها جنوبا العرض ٣٦° شمال . كما يحدها شرقا الطول ١٠° غرب ويحدها غربا الطول ٤٨° غرب . والمقياس ١ : ٢ مليون

الاتساع الطولى = ٤٨ — ١٠ = ٣٨° طولية

العرض الأوسط = $\frac{٥٨ + ٣٦}{٢}$ = ٤٧°

نق = ٣١٨٫٥٠ سم

امتداد الخريطة مع درجات الطول = نق . Δ λ . $\frac{ط}{١٨٠}$. جتا ٤٧°

= ١٤٤٫٠٦٣ سم

المسافة المركيتورية من الاستواء الى العرض ٥٨° شمال

= نق لو هـ ظا (٤٥ + $\frac{٥٨}{٢}$) = ٣٩٧٫٨٥٨ سم

المسافة المركيتورية من الاستواء الى العرض ٣٦° شمال

= نق لو هـ ظا (٤٥ + $\frac{٣٦}{٢}$) = ٢١٤٫٧٥٧ سم

امتداد الخريطة مع درجات العرض

= (٣٩٧٫٨٥٨ — ٢١٤٫٧٥٧) جتا ٤٧° = ١٢٤٫٨٧٤ سم

الباب السادس

المساقط الاتجاهية

ترسم هذه المساقط على سطح مستوى يمس الكرة الأرضية عند نقطة محددة. وعادة يتم اختيار نقطة التماس بحيث تتوسط المنطقة المطلوب بيانها على الخريطة. وفى أغراض خاصة، كما فى خرائط تحديد الاتجاهات اللاسلكية مثلا، تكون نقطة التماس عند موقع جغرافى محدد هو موقع محطة الارسال اللاسلكى.

تسمى نقطة تماس سطح الخريطة مع سطح الأرض مركز الخريطة.

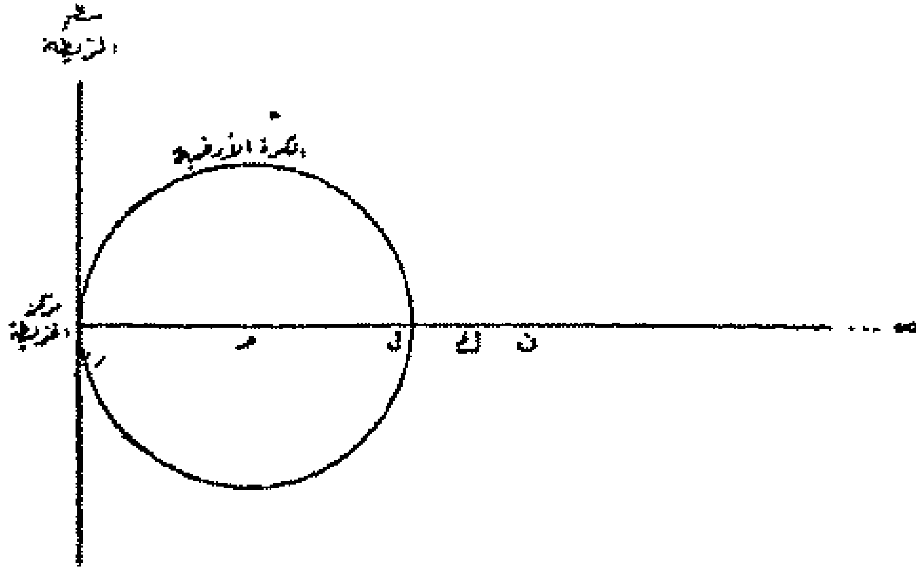
تنقسم المساقط الاتجاهية إلى قسمين رئيسيين: منظور وغير منظور.
والقسم المنظور منها يوضح صورة الإسقاط من سطح الأرض الى سطح الخريطة

أولا: المساقط الاتجاهية المنظورة

نتصور أن سطح الأرض جسم شفاف تنفذ منه الأشعة الضوئية.

ويوجد هناك مصدر ضوئى مشع تنفذ أشعته من سطح الأرض وتسقط على السطح المستوى المطلوب الإسقاط عليه وتترك ظلالا تمثل شبكة خطوط الطول والعرض.

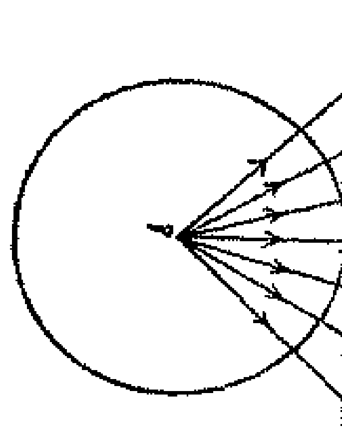
فى جميع حالات المساقط الاتجاهية المنظورة تكون نقطة الاشعاع، وتسمى مركز الاسقاط، احدى نقط القطر الذى يمر بمركز الخريطة. وفى كل مرة يأخذ مركز الاسقاط موضعا معينا، ينتج مسقط له خصائص مميزة.



شـــكل ٣٨

هناك ثلاثة حالات رئيسية للمساقط الاتجاهية المنظورة (بالإضـــافة إلى حالات أخرى) نذكرها فيما يلى

الحالة الأولى

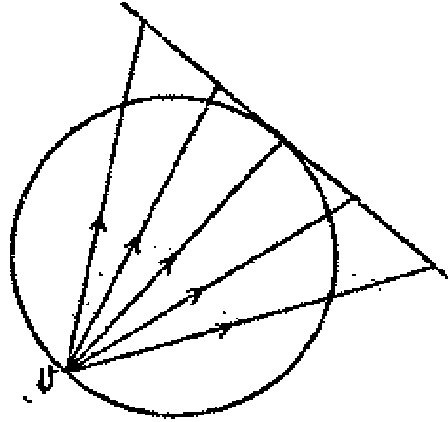


شـــكل ٣٩

اسقاط مركزى

يكون مركز الاسقاط عند مركز الكرة الأرضية (م) ويسمى للمسقط الناتج مسقط مركزى

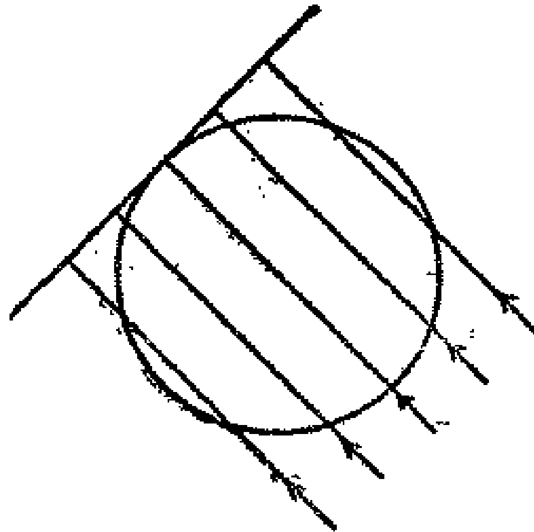
الحالة الثانية :



شكل ٤٠
اسقاط استريوجراف

يكون مركز الاسقاط عند النهاية الاخرى (ل) للقطر الذى يمر بمركز الخريطة. ويسمى المسقط الناتج مسقط مجسم أو استريوجراف

الحالة الثالثة :



شكل ٤١
اسقاط أورثوجراف

يكون مركز الاسقــــاط على امتداد القطر الذى يمر بمركز الخريطة وعلى مسافة لانهائية . ويسمى المسقط الناتج مسقط صحيح أو اورثوجرافى

الحالة الرابعة

يكون مركز الاسقاط عند نقطة(ك) شكل -٣٨- التى تبعد عن مركز الارض بمسافة ك م = ١٫٣٦٧ نق

ويسمى المسقط الناتج مسقط هنرى جيمس .

الحالة الخامسة

يكون مركز الاسقاط عند نقطة (ن) - شكل ٣٨ - التى تبعد عن مركز الأرض بمسافة ن م = ١٫٧١ نق

ويسمى المسقط الناتج مسقط لاهير

ثانيا : المساقط الاتجاهية الغير منظورة

فى هذه المساقط تنقل المعالم الجغرافية من سطح الأرض الى سطح الخريطة طبقا لإحدى القاعدتين الآتيتين :

الحالة الأولى

تكون المسافة على الخريطة بين أى موقع ومركز الخريطة مساوية للمسافة على سطح الارض بين نظير هذا الموقع ومركز الخريطة .

ويسمى المسقط الناتج مسقط اتجاهى متساوى المسافات

الحالة الثانية

تكون المساحة على الخريطة لمنطقة معينة مســــاوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض .

ويسمى المسقط الناتج مسقط اتجاهى متساوى المساحات

تحتاج دراسة بعض المساقط الاتجاهية الى معرفة رياضية أعلى من مستوى

الدراسة فى هذا الكتاب . ولذلك سوف لا نتطرق دراسة المساقط الاتجاهية الى الحالات التى تحتاج الى رياضيات معقدة . وسنركز فى بعض الحـــالات الطريقة البيانية لرسم المسقط وهى الطريقة التى لا تعتمد على الحسابات المطولة بقدر ما تعتمد على الدقة فى الرسم .

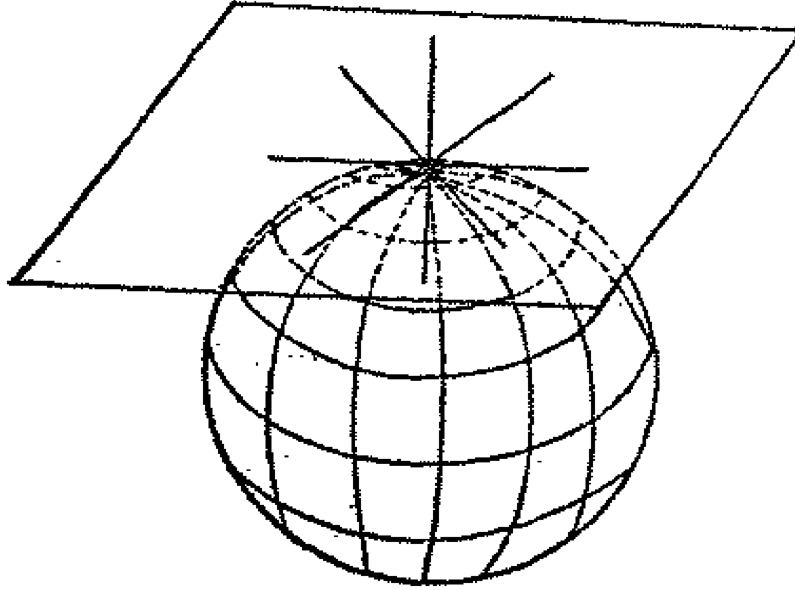
١ — المسقط المركزى

يستخدم المسقط المركزى فى خرائط الملاحة البحرية والجوية إذ أن الخط المستقيم الذى يصل بين مكانين مرسومين على الخريطة يمثل أقصر مســـافة بين هذين المكانين على سطح الأرض .

بين نقطتين على سطح الأرض يمكن رسم عدد لا نهائى من أقواس الدوائر ولكن قوس الدائرة العظمى يكون أقصرها . والدائرة العظمى على ســـطح الأرض هى الدائرة التى يمر مستواها بمركز الأرض وبذلك يكون قطـــرها مساويا لقطر الأرض . فدائرة الاستواء دائرة عظمى ولكن دوائر العرض الأخرى دوائر صغرى . بالمثل خطوط الطول تكون أنصاف دوائر عظمى .

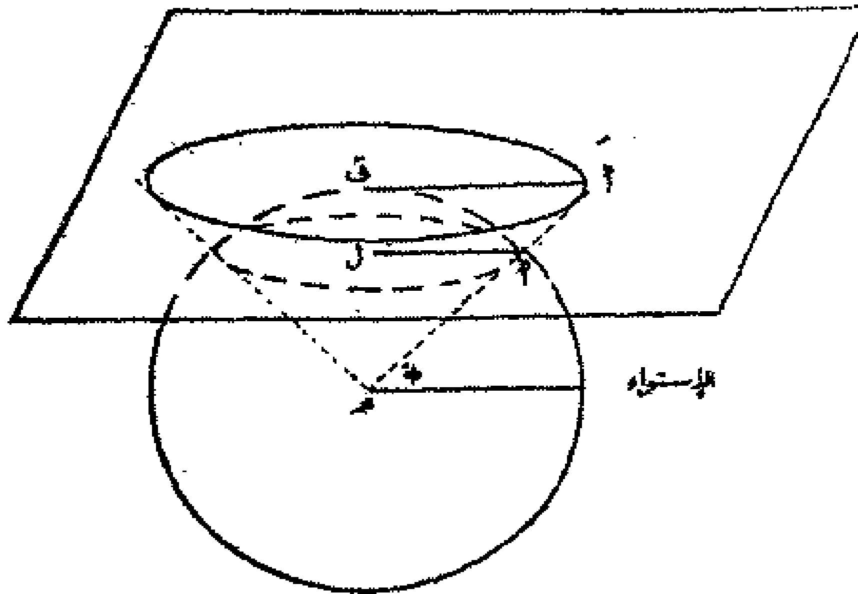
ولإسقاط دائرة عظمى مرسومة على سطح الأرض من مركز اســـقاط موجود عند مركز الأرض ، تمر أشعة الإسقاط فى نفس مستوى الدائرة العظمى الى أن تقابل مستوى الخريطة فى خط مستقيم يمثل تلك الدائرة العظمى . ومن هنا يتضح أن كل خط مستقيم على سطح الخريطة المرسومة بالمسقط المركزى يمثل دائرة عظمى على سطح الأرض .

أولا ـــ المسقط المركزي القطبي



شكل ٤٢

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند القطب
والإسقاط يتم من نقطة عند مركز الأرض



شكل ٤٣

واضح أن خطوط الطول تسقط الى خطوط مستقيمة ، وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب .

وواضح أيضا أن دوائر العرض تسقط الى دوائر مركزها هو نقطة القطب ولكن بأقطار أكبر من الأقطار الاصلية على سطح الأرض .

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافى

١ — خطوط الطول مستقيمة متلاقية عند القطب والزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية على سطح الأرض . وخطوط العرض تسقط الى دوائر مركزها نقطة القطب .

٢ — لايجاد قيمة نصف قطر دائرة العرض ϕ (نق$_\phi$)

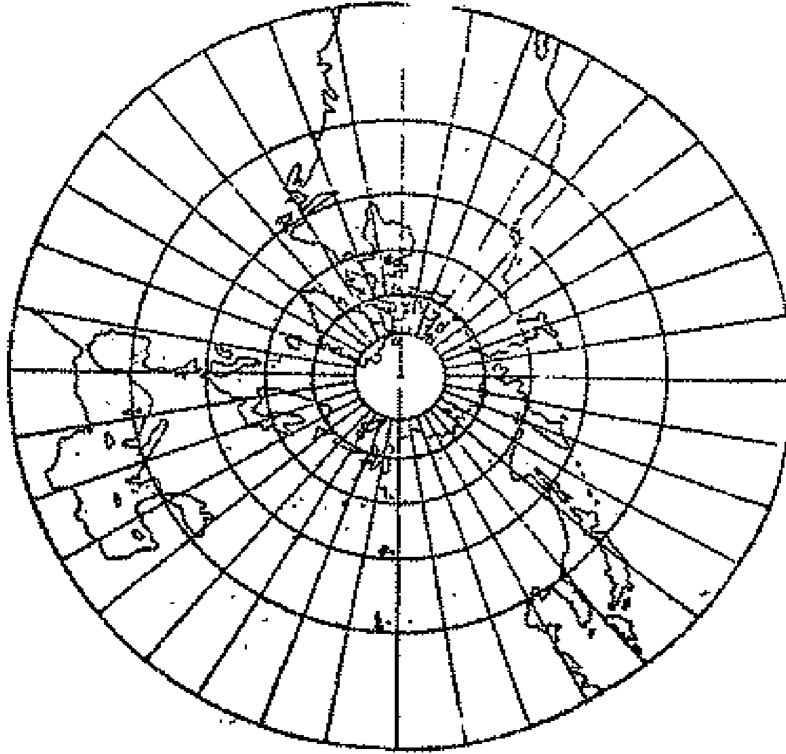
فى شكل ٤٣ م مركز الأرض ، ق نقطة القطب ، ل مركز دائرة العرض ϕ المرسومة على سطح الأرض .

$$\text{فى المثلث م ه أ َ} = \frac{\text{ه أ َ}}{\text{ه م}} = \frac{\text{نق}_\phi}{\text{نق}} = \text{ظتا}\ \phi$$

$$\text{نق}_\phi = \text{نق ظتا}\ \phi$$

٣ — واضح أن المقياس يتزايد مع الابتعاد عن نقطة القطب ويعجـــز عن بيان دائرة الاستواء .

طريقة الانشاء



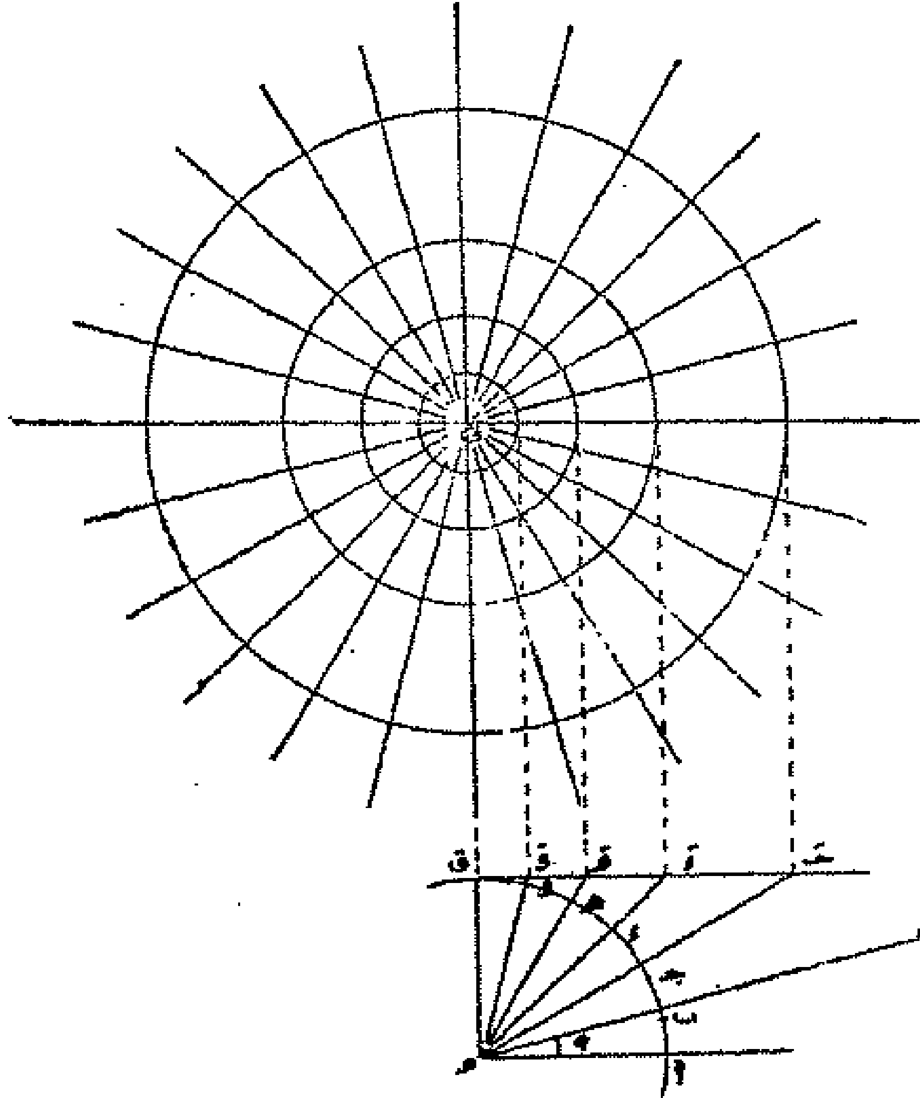
شكل ٤٤

المناطق الشمالية من العالم على مسقط مركزى

١ — ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة فى نقطة تصنع فيما بينها زوايا متساوية (١٠° فى شكل ٤٤) . هذه الخطوط تمثل خطوط الطول

٢ — من نقطة تقابل خطوط الطول (التى تمثل القطب) كمركز — ترسم دوائر العرض بأنصاف أقطار تساوى نق ظتا φ (نق ظتا ٨٠°، نق ظتا ٧٠° ، ... فى شكل ٤٤) . هذه الدوائر تمثل دوائر العرض

الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزى القطبي



شكل ٤٥

١ — من المركز م نرسم نصف دائرة تمثل خط طول على سطح الأرض ويكون قطرها مطابقاً للمقياس المطلوب .

٢ — نأخذ نقطة القطب ق أعلا القوس وعندها نرسم مماساً لقوس الدائرة

٣ — نمد م ق على استقامته الى نقطة ق َ تمثل القطب على المسقط .

٤ — عند ق َ نرسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيما بينها الزوايا المطلوبة .

٥ — نحدد النقط ا ، ب ، حـ ، و ، ... على قوس خط الطول تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفه .

٦ — نمد الخطوط المستقيمة م ب ، م حـ ، م و ، ... الى أن تقابل المماس عند ق َ فى النقط ب َ ، حـ َ ، و َ ، ... على التوالى .

٧ — من المركز ق َ نرسم دوائر العرض بانصاف اقطار تساوى ق َ ب ، ق َ حـ ، ق َ و ، ... ينتج المسقط المطلوب .

ملحوظة : كما يتضح من الطريقة السابق شرحهـا ، تتلخص الطريقة البيانية فى إيجاد الأبعاد المطلوبة للمسقط عن طريق الرسم وبدون الالتجاء الى الحساب .

فمثلا اوجدنا طول نصف قطر دائرة العرض ق َ د َ باستخدام طولا مرسوما يساوى نصف قطر الأرض وهو م ق وباستخدام زاوية مرسومة تساوى زاوية العرض ا م د . وبذلك أصبح ق َ د َ يمثل نق ظتا ه .

يطبق نفس المبدأ فى الطرق البيانية المستخدمة لرسم المساقط الأخرى أى نحصل بطريق الرسم على أطوال بدلا من الحصول على قيمتها بالحساب .

ثانيا المسقط المركزى الاستوائى

سطح الخريطة يمس سطح الارض عند نقطة على الاستواء مثل ب

شـــكل ٤٦

تتصور أن دائرة الإستواء تقع فى مستوى الكتاب . وبذلك يكون مستوى الخريطة عموديا على مستوى الكتاب .

واضح أن خط طول النقطة ب يسقط على الخـــريطة خطا مستقيما عند تقابل مستواه مع مستوى الخريطة . أى الخط ب ص .

وواضح أن خط الاستواء يسقط على الخريطة عمـــوديا على ب ص عند نقطة ب أى ب س .

اى خط من خطوط الطول المرسومة على سطح الأرض مثل ق ل الذى يقابل الاستواء عند نقطة ل يسقط على الخريطة عند تقابل مستواه مع مستوى الخريطة . ويكون خط تقابل المستويان موازيا للخط ب ص .

مسقط خط الطول ق ل يقابل مسقط الاستواء (ب س) عند نقطة لَ الواقعة على امتداد الخط م ل . ونفرض أن هذا الخط هو لَ كَ .

اذا كانت النقطة ن على خط الطول ق ل على سطح الأرض وتقع عند خط العرض ه ، فإن مسقطها نَ على الخريطة يقع على امتداد الخط م ن ويقع على الخط لَ كَ .

الخصائص الهندسية للمسقط

شكل ٤٧

بالرجوع الى شكل ٤٦

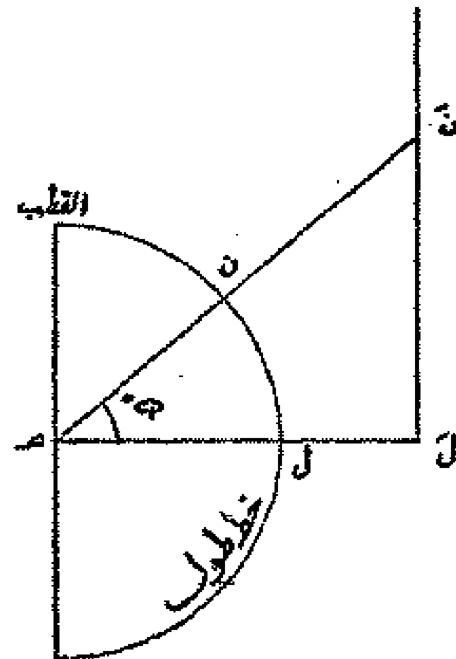
على سطح الخريطة نأخذ محورا للصادات الخط ب ص وهو مسقط خط طول نقطة التماس . ونأخذ محورا للسينات الخط ب س وهو مسقط خط الاستواء .

يتحدد موقع النقطة نَ (وهى مسقط النقطة ن على سطح الأرض والتى تقع على خط الطول الذى يبعد بزاوية طول λ° عن خط التماس ، كما تقع على العرض φ) ؛ بدلالة الاحداثيات :

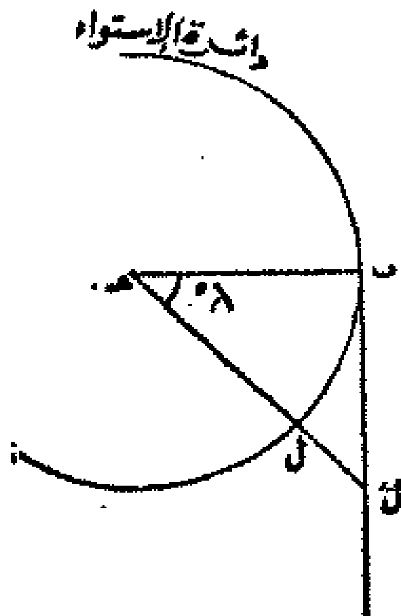
س = ب لَ ، ص = لَ نَ

على الكرة الأرضية زاوية λ هى الزاوية ب م ل

وزاوية φ « « ن م ل



شكل ٤٨



شكل ٤٩

١ — فى المثلث ب م لَ القائم عند ب

والذى فيه ب م = نصف قطر الأرض نق

ب لَ = نق ظا λ

س = نق ظا λ (١)

كذلك م لَ = ب م قا λ = نق قا λ (٢)

٢ — فى المثلث نَ لَ م القائم عند لَ

نَ لَ = م لَ ظا φ

وبالتعويض عن قيمة م لَ بما يساويها من العلاقة (٢) ينتج أن :

نَ لَ = ص = نق قا λ ظا φ (٣)

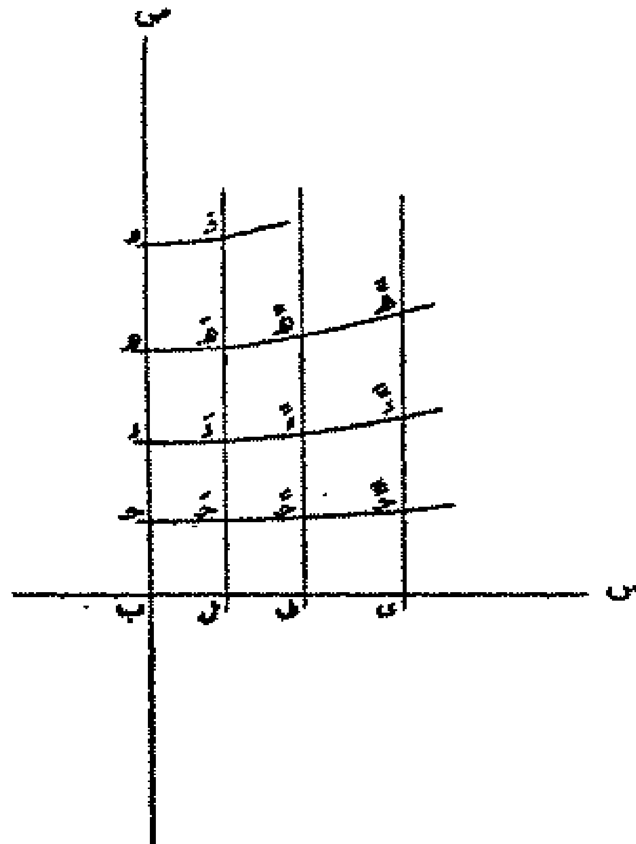
تعطى المعادلتان (١) ، (٣) موقع النقطة نَ على الخريطة .

٣ — واضح أن كلا من س ، ص تمثلان قيما أكبر من الأبعاد الأصلية على سطح الأرض . أى أن المقياس على الخريطة يكون أكبر ويتزايد مع الابتعاد عن مركز الخريطة ب .

طريقة الإنشاء

١ — ارسم خطين متعامدين الأفقى ب س يمثل الاستواء والرأسى ب ص يمثل خط الطول الأوسط .

٢ — حدد مواقع النقط ل ، ف ، ى ، ... على الاستواء التى تمثل تقاطع خطوط الطول . كل نقطة منها تبعد عن مركز الخريطة ب بمسافة = نق ظا λ حيث λ هو فرق الطول بين النقطة ومركز الخريطة .



شكل ٥٠

فإذا كانت خطوط الطول ممثلة على المسقط كل ١٠ درجات

ب ل = ق ظا ١٠ = ١١٢٢٫٢٠ كم

ب ف = ق ظا ٢٠ = ٢٣١٨٫٤٩ «

ب ى = ق ظا ٣٠ = ٣٦٧٧٫٧٢ «

٣ — عند النقط ل ، ف ، ى ، ... نرسم خطوط مستقيمة موازية لخط الطول الأوسط . هذه الخطوط تمثل خطوط الطول .

٤ — نحدد مواقع النقط حـ ، و ، هـ ، على خط الطول الأوسط والتى تمثل تقاطع دوائر العرض . كل نقطة منهـا تبعد عن مركز الخريطة ب بمسافة = نق قا صفر ظا ф . حيث ф هو قيمة العرض .

فإذا كانت خطوط العرض ممثلة على المسقط كل ١٠ درجات

ب حـ = نق قا صفر ظا ١٠ = ١١٢٣٫٢٠ كم

ب و = نق قا صفر ظا ٢٠ = ٢٣١٨٫٤٩ «

ب هـ = نق قا صفر ظا ٣٠ = ٣٦٧٧٫٧٢ «

٥ — نحدد مواقع النقط حـَ ، وَ ، هـَ على خط الطول الذى يمر بنقطة ل

وكذلك مواقع النقط حـً ، وً ، هـً على خط الطول الذى يمر بنقطة ف

وكذلك مواقع النقط حـٌ ، وٌ ، هـٌ ... وهكذا

بحيث تبعد كل نقطة عن الاستواء بمسافة = نق قا λ ظا ф . حيث λ هو فرق الطول بين النقطة وخط الطول الأوسط وحيث ф هو قيمة العرض .

وبذلك نحصل على الأبعاد الآتية :

ل حـَ = نق قا ١٠ ظا ١٠ = ١١٤٠٫٥٢

ل وَ = نق قا ١٠ ظا ٢٠ = ٢٣٥٤٫٢٦

ل هـَ = نق قا ١٠ ظا ٣٠ = ٣٧٣٤٫٤٦

ويكون

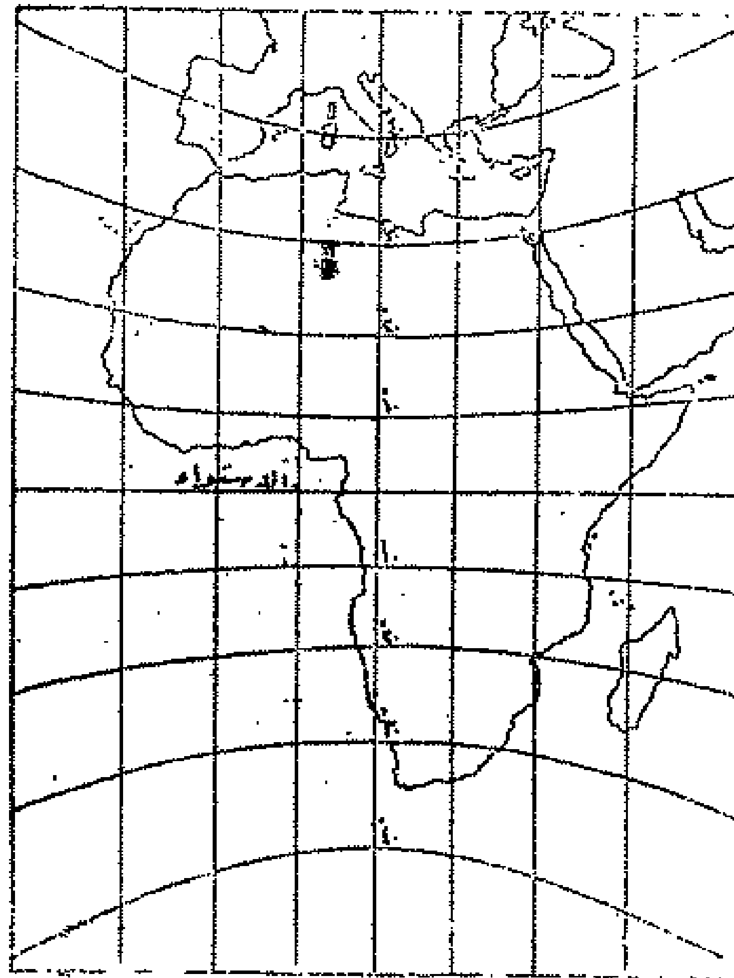
ف حـ" = نق قا ٢٠ ظا ١٠ = ١١٩٥٫٢٠

ف ء" = نق قا ٢٠ ظا ٢٠ = ٢٤٦٧٫٢٩

ف هـ" = نق قا ٢٠ ظا ٣٠ = ٣٩١٣٫٧٥ ... الخ

٦ — لما كان المسقط متماثلا بالنسبة لخط الطول الأوسط وبالنسبة للاستواء، لذلك توقع النقط السابقة فى الأرباع الثلاثة الباقية من الخريطة.

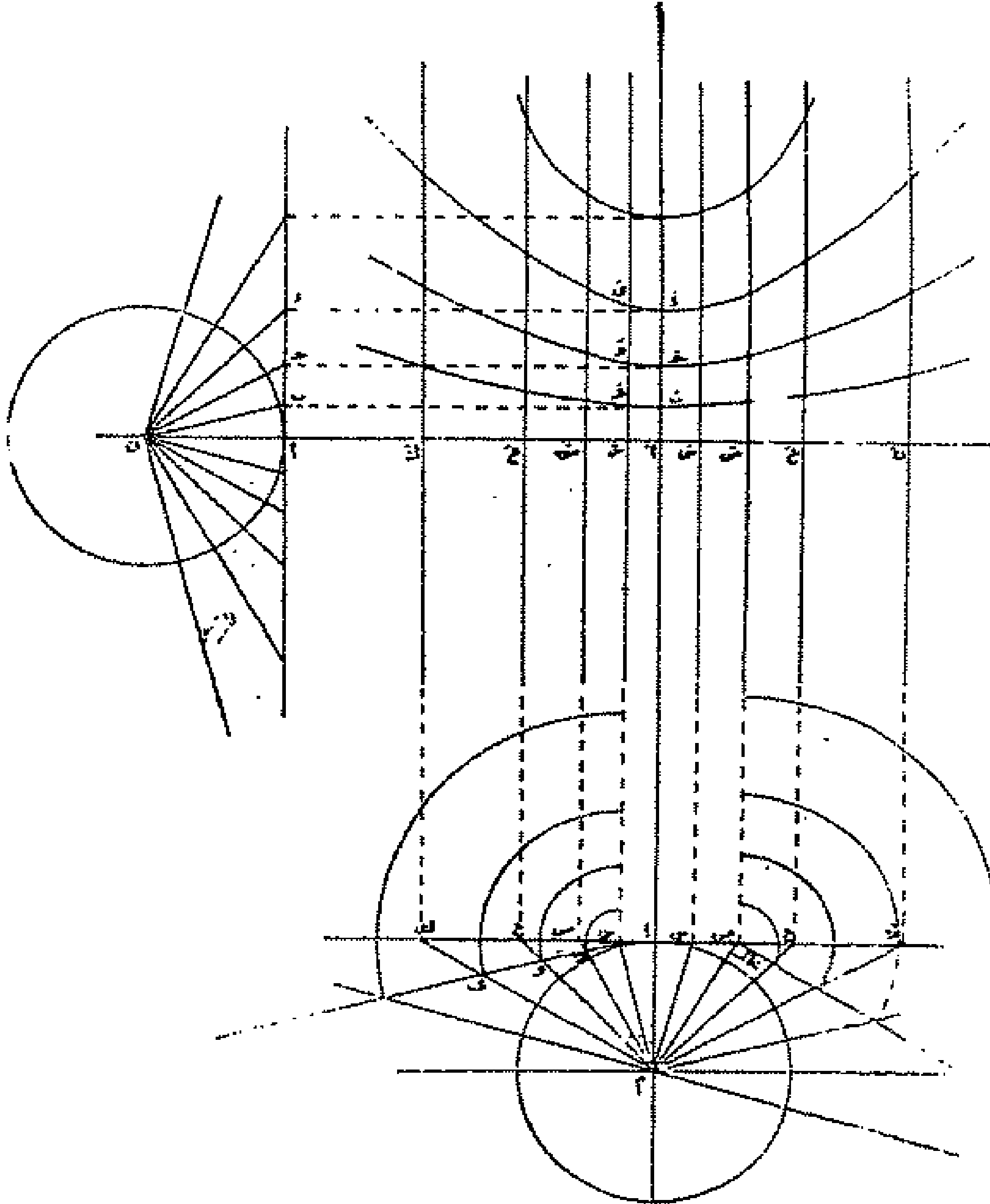
٧ — ترسم منحنيات العرض تمر بالنقط المتناظرة على كل خط طول مثل حـ، حـ َ، حـ "، ... وكذلك ء ، ءَ، ء"، ...



شكل ٥١

أفريقيا على مركزى استوائى — المركز عند الطول ١٥° شرق

الطريقة البيانية لرســم المسقط المركزى الاستــوائى



شكل ٥٢

طريقـــة الرســـم

١ — نرسم دائرتين متساويتين قطر كل منها يساوى قطر الأرض تبعـــا للمقياس المطلوب .

الدائرة التي مركزها م تمثل الاستواء والأخرى ومركزها ن تمثـــل خط الطول الأوسط .

٢ — نرسم خطا أفقيا من ن يمثل الاستواء على المسقط .

٣ — نرسم خطا رأسيا من م يمثل خط الطول الأوسط على المسقط يقابل الاستواء فى نقطة ا َ .

٤ — نرسم زوايا العرض من المركز ن شمـــال وجنوب الاستواء ، ونمد أضلاع الزوايا إلى أن تقابل المـــاس الرأسى للدائرة ن عند النقط ب ، حـ ، ء ، . وتكون النقط المقابلة بَ ، حـَ ، ءَ ، ... على خط الطول الأوسط هى مواقع تقابله مع دوائر العرض .

٥ — نرسم زوايا الطول من المركز م شرق وغرب الطـــول الأوسط ، ونمد أضلاع الزوايا إلى أن تقابل الماس الأفقى للدائرة م عند النقط س ، ص ، ع ، ... . وتكون النقط المقابلة سَ ، صَ ، عَ ، ... على الاستواء هى مواقع تقابله مع خطوط الطول .

٦ — نرسم خطوط الطـول تمـــر بالنقط سَ ، صَ ، عَ ، ... موازية لخط الطول الأوسط .

٧ — لايجاد نقط تقابل دوائر العرض مع خط من خطوط الطول ، وليكن خط الطول الذى يمر بالنقطة س َ مثلا : نرسم عند النقطة س خطا عموديا على م س يقابل الخطوط المجاورة م ص ، م ع ، م ل ، ... فى النقط هـ ، و ، ى ، ... . تكون س هـ ، س و ، س ى ، ... هى أبعاد دوائر العرض عن الاستواء .

٨ — على خط الطول الذى يمر بالنقطة س َ نحدد المسافات

س َ هـ َ ، س َ و َ ، س َ ى َ ، ... مساوية للمسافات

س هـ ، س و ، س ى ، ... على الترتيب

٩ — تكرر الخطوتين ٧ ، ٨ مع باقى خطوط الطول ، نحصل على نقط تقابلها مع دوائر العرض المختلفة .

١٠ — نصل مجموعات النقط المتناظرة لتشكل منحنيات العرض .

ثالثا : المسقط المركزى المنحرف

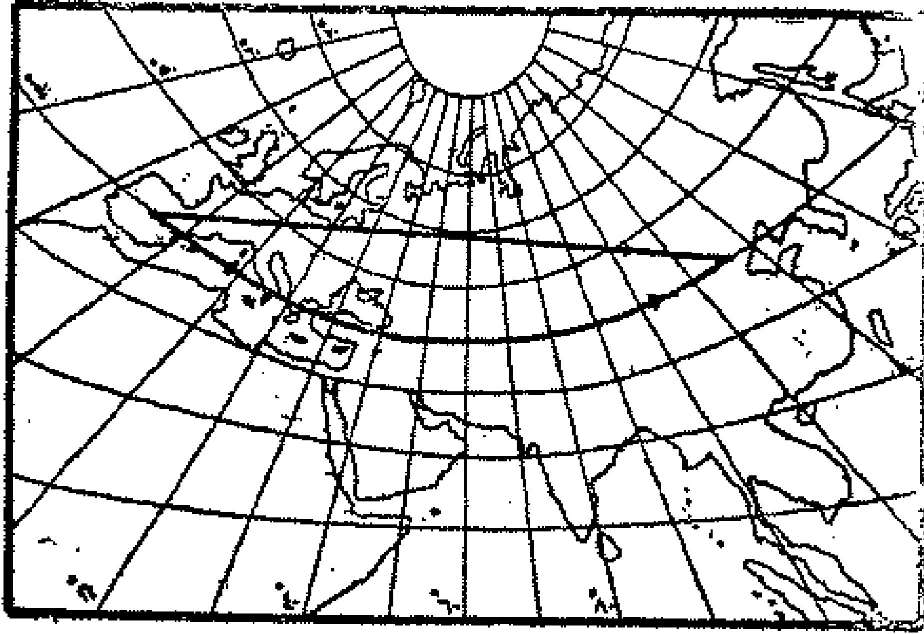
يرسم المسقط المركزى المنحرف بالطريقة الحسابية وذلك للخرائط ذات المقياس الكبير .

وفى هذه الحالة يتم حساب المسافة القوسية (مقدرة بالدرجات) على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى جميع المواقع التى تشكل الهيكل الجغرافى للمسقط . كما يتم حساب انحرافات تلك المواقع عن اتجاه الشمال عند مركز الخريطة .

ويتكون الهيكل الجغرافى المطلوب من مساقط تلك النقط . ويعد مسقط

كل نقطة عن مركز الخريطة بمسافة تساوى اق ظا (المسافة القوسية مقـــدرة بالدرجات) ويكون على نفس الانحراف الأصلى على سطح الأرض .

والطول الحسابات الخاصة بهذا المسقط لايستخدم إلا قليـــلا فى الخرائط الجغرافية . ولكنه واجب الاستخدام فى الخرائط ذات الأغراض الخاصة مثل خرائط الملاحة البحرية والجوية عندما يلزم التعرف على مسار أقصر الطرق .



شكل ٥٣

أوربا وآسيا على مسقط مركزى منحرف

الخط المستقيم بين مدريد وبكين يمثل المسار على الدائرة العظمى

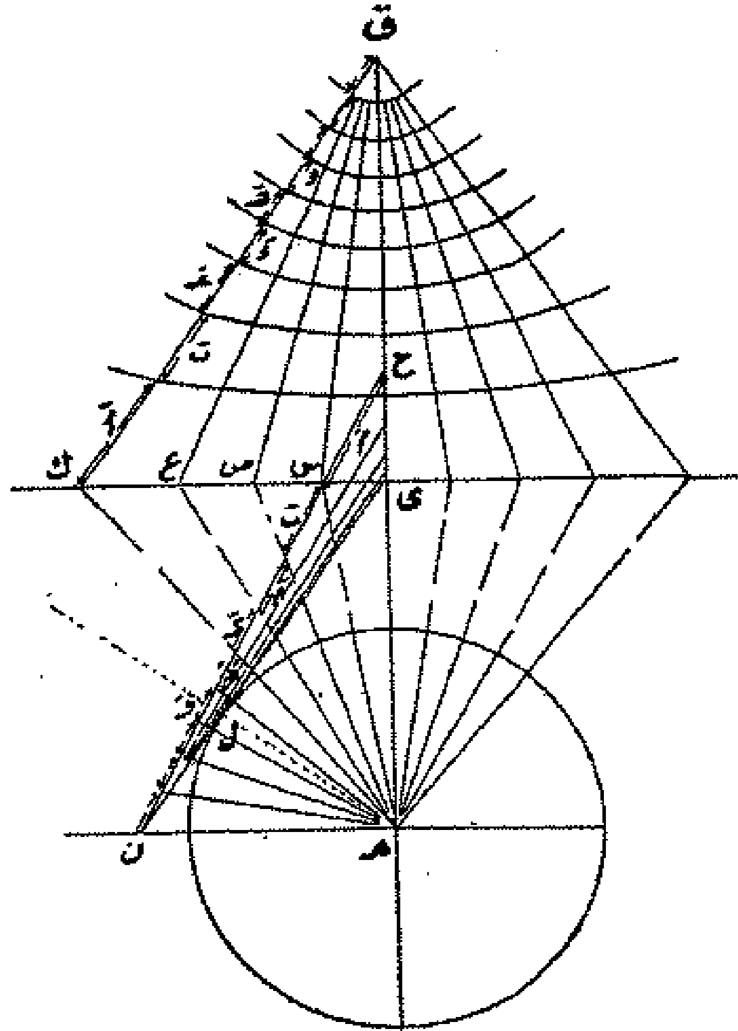
الخط المنحنى بينهما يمثل المسار فى اتجاه الشرق .

وفى نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط مركزى منحرف باستخدام

المسافات والاتجـــاهات على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى باقى النقط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافى .

لرسم المسقط المركزى المنحرف بمقياس صغير تستخدم الطريقة البيانية .

الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزى المنحرف



شكل ٥٤

١ — نرسم دائرة تمثل الكرة الأرضية تبعا للمقياس المطلوب .

٢ — نرسم قطرين متعامدين فى الدائرة احدهما رأسى والآخر أفقى .

٣ — عند المركز م نرسم زاوية مع القطر الرأسى تساوى زاوية عرض مركز الخريطة . فيقابل ضلع الزاوية محيط الدائرة عند نقطة ل .

٤ — نرسم عاسا للدائرة عند ل يقابل امتداد القطر الأفقى عند ن ويقابل امتداد القطر الرأسى عند ى .

٥ — نرسم خطا أفقيا عند ى يمثل خط الاستواء على المسقط .

٦ — نمد القطر الرأسى م ى على استقامته الى نقطة ق بحيث يكون ق ى = ن ى . نقطة ق تمثل القطب على المسقط .

٧ — من مركز الدائرة م نرسم زوايا الطول المطلوبة لليمين ولليسار من القطر الرأسى م ى فتقابل مسقط الاستواء فى النقط س ، ص ، ع ، ...

٨ — نصل القطب ق بالنقط س ، ص ، ع ... وتصبح تلك الخطوط خطوط الطول .

٩ — لإيجاد نقط تقاطع خط طول مثل ق ك مع باقى خطوط العرض، نرسم من النقطة ن مستقيما ن ح طوله يساوى طول ق ك ويقع طرفه ح على الخط ق ى (خط الطول الأوسط) . يتقاطع الخط ن ح مع خطوط زوايا الطول وهى م س ، م ص ، م ع ، ... فى نقط تمثل ابعادها عن نقطة ح (أ َ ، ب َ ، ح َ ، ...) ابعاد خطوط العرض المختلفة عن نقطة ك .

١٠ — نكرر الخطوة السابقة (٩) مع باقى خطوط الطول ثم نصل النقط المتناظرة على خطوط الطول فتنتج منحنيات العرض .

٢ — المسقط الاستريوجرافى (المجسم)

فى هذا المسقط الاتجاهى المنظور يكون مركز الإسقاط عند نهاية القطر الذى يمر بمركز الخريطة . وجميع الدوائر المرسومة على سطح الأرض تسقط الى دوائر على سطح الخريطة فيما عدا تلك الدوائر التى تمر بمركز الإسقاط والتى تسقط الى خطوط مستقيمة .

فى الحالة القطبية تكون جميع خطوط الطول مستقيمة أما دوائر العرض فتسقط الى دوائر .

وفى الحالة الاستوائية تكون جميع خطوط الطول والعرض دوائر ، ما عدا الطول الأوسط والاستواء فهما مستقيمان .

وفى الحالة المنحرفة تكون جميع خطوط الطول والعرض دوائر ، ما عدا الطول الأوسط وخط العرض المار بمركز الاسقاط فهما مستقيمان .

خاصية التشابه

ولو أن المسقط الاستريوجرافى ينتج بطريقة الإسقاط المنظور إلا أنه يحقق خاصية التشابه . فالزاوية على المسقط بين أى خطين تساوى الزاوية الأصلية على سطح الأرض بين الخطين المناظرين . وعلى ذلك تتعامد خطوط الطول والعرض على المسقط مثلما كانت متعامدة على سطح الأرض . وكذلك تكون الزوايا على المسقط بين خطوط الطول وبعضها مساوية للزوايا الأصلية المناظرة على سطح الأرض .

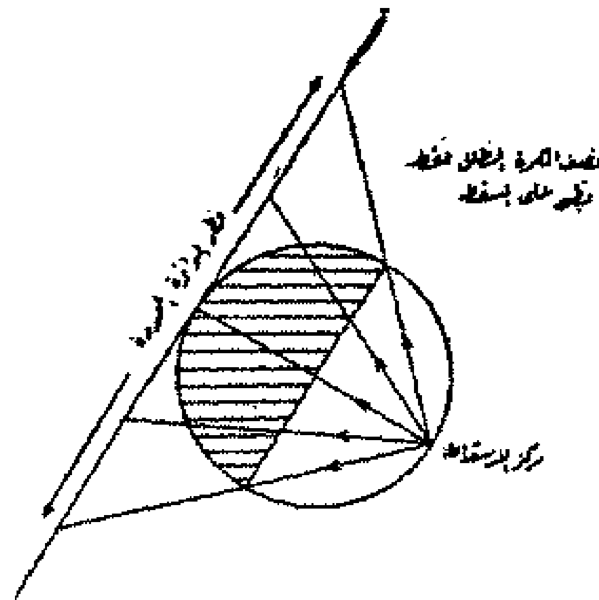
يستخدم المسقط الاستريوجرافى فى الخرائط الفلكية وذلك لسهولة حل

المسائل بيانيا . والمعروف أن المسار الظاهرى اليومى لأى جرم سماوى هو دائرة وعلى ذلك يكون مسقط هذا المسار على الخريطة دائرة . ومن هنا تتبين سهولة الحل البيانى على هذا المسقط .

ويستخدم أيضا هذا المسقط فى خرائط الملاحة والمساحة للمناطق التى يظهر فيها القطب .

الدائرة المحددة للمسقط

فى المسقط الاستريوجرافى واضح أن المقياس على الخريطة يكون مساوياً للمقياس على سطح الأرض وذلك عند نقطة التماس (مركز الخريطة) ، ويأخذ المقياس على المسقط فى الكبر كلما ابتعدنا عن مركز الخريطة . لذلك اتفق على رسم نصف الكرة الأرضية (التى يقع مركز الخريطة عند منتصفها) دون النصف الآخر . ولما كان أى نصف للكرة الأرضية تحده دائرة ، والدائرة على



شكل ٥٥

الأرض تسقط الى دائرة على الخريطة ، لذلك يرسم المسقط الاستريوجراف عادة داخل إطار دائرى يسمى الدائرة المحددة للمسقط .

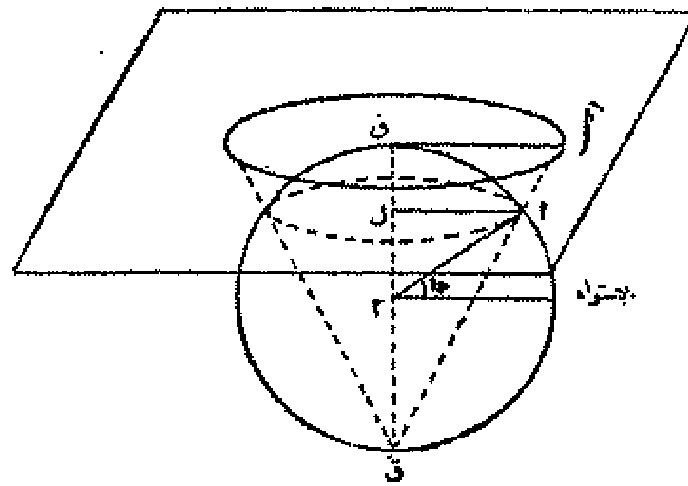
ويمكن بسهولة بيان أن قطر الدائرة المحددة للمسقط يساوى ضعف قطر الارض .

وبالطبع يمكن رسم أجزاء من نصف العالم بالمسقط الاستريوجراف داخل أى إطار .

أولا : المسقط الاستريوجرافى القطبى

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند نقطـــة القطب والإسقاط يتم من القطب الآخر بالطريقة المنظورة .

تسقط خطوط الطول الى خطوط مستقيمة وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب الارضى . وواضح أيضا أن دوائر العرض تسقط الى دوائر مركزها هو نقطة القطب . ولكن تكون انصاف اقطار دوائر العرض على المسقط أكبر من نظيراتها على سطح الارض .



شكل ٥٦

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافى

١ — خطوط الطول خطوط مستقيمة متلاقية عند القطب ، ودوائر العرض دوائر متحدة المركز عند القطب

٢ — لإيجاد قيمة نصف قطر دائرة العرض Φ :

فى شكل ٥٦ ، م مركز الأرض ، ب نقطـــة القطب ، ل مركز دائرة العرض Φ المرسومـة على سطح الارض ، ا' مسقط النقطة ا الواقعـة على دائرة العرض Φ ، مركز الاسقاط يقع عند القطب الآخر ب'

∠ ل م ا = ٩٠° Φ

∠ ل م ا = ∠ م ا ب' + ∠ م ب ا' = ٢ ∠ م ب' ا

∴ ∠ م ب' = ½ (٩٠ − Φ)

فى المثلث ب ب' ا' القائم الزاوية عند ب

ب ا' = ب ب' ظا ∠ ب ب' ا'

نصف القطـر المطلوب = ٢ نق ظا $\frac{٩٠ - Φ}{٢}$

٣ — واضح أن المقياس يأخذ فى الكبر كلما ابتعدنا عن نقطة القطب ويكون المقياس أكبر ما يمكن عند الدائرة المحددة للمسقط وهى دائرة الاستواء وتكون قيمة المقياس ٢ .

طريقة الإنشاء

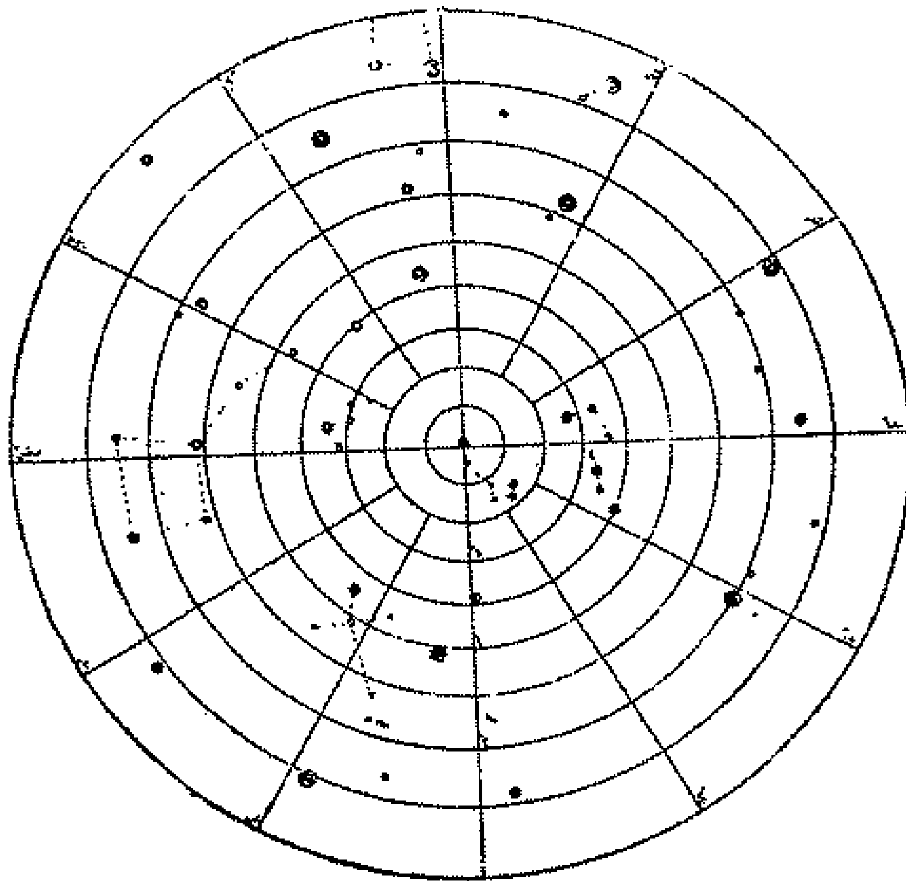
١ — نرسم مجموعة من الخطوط المتقابلة فى نقطة تصنع فيما بينهـــا زوايا

متساوية (٣٠° فى شكل ٥٧) وهذه تمثل خطوط الطول .

٢ — من نقطة تقابل خطوط الطول (التى تمثل القطب) - كمركز - ترسم

دوائر العرض بأنصاف اقطار = ٢ نق ظا $\left(\frac{\phi - ٩٠}{٢}\right)$ (٢ نق ظا ٤٥

٢ نق ظا ٤٠ ، ٢ نق ظا ٣٥ .... فى شكل ٥٧) . هذه الدوائر تمثل دوائر العرض

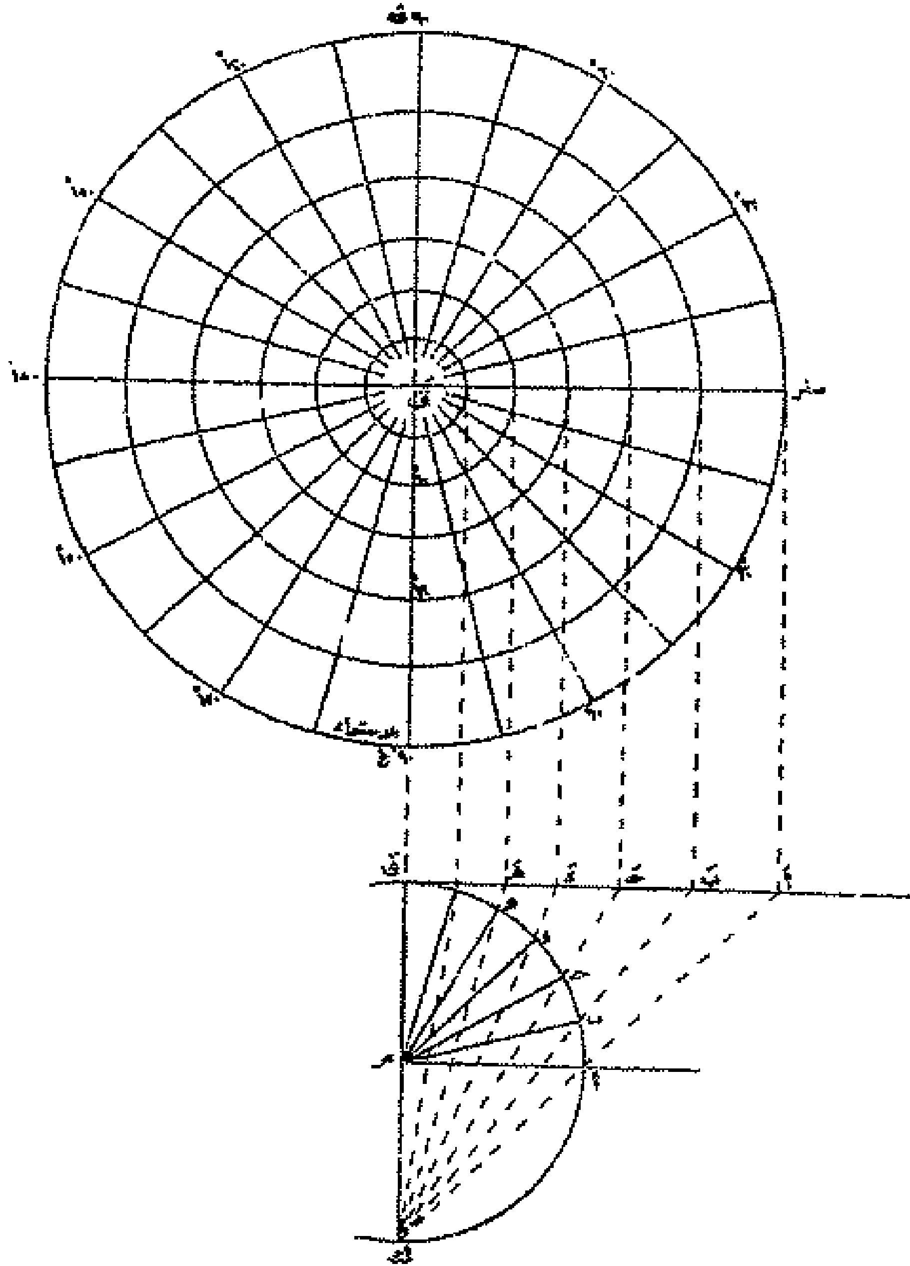


شكل ٥٧

مسقط أستريوجرافى قطبى للنجوم الشمالية اللامعة

الدوائر تمثل خطوط الميل وهى تماثل خطوط العرض على الأرض والخطوط المستقيمة تمثل خطوط الزوال السماوية وهى تماثل خطوط الطول على الأرض

الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجراف القطبي



شكل ٥٨

١ — من المركز م نرسم نصف دائرة تمثل خط طول على الأرض تبعـــا القياس المطلوب

٢ — يرسم قطر رأسى يمر بالقطبين ن ، ك ، ونرسم مماسا للدائرة عند ن

٣ — نمد ن على استقامته الى نقطة مثل ن َ تمثل القطب على المسقط .

٤ — عند ن َ نرسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيما بينها الزوايا المطلوبة .

٥ — نحدد النقط ا ، ب ، حـ ، د ، ... على قوس خط الطول تمثـــل تقاطعات خطوط العرض المختلفة

٦ — نمد الخطوط المستقيمة ك ا ، ك ب ، ك حـ ، ... الى أن تقابل المماس عند ن فى النقط ا َ ، ب َ ، حـ َ ، ... على التوالى .

٧ — من المركز ن َ نرسم دوائر العرض بأنصاف أقطار ن ا َ ، ن ب َ ، ن حـ َ ... ينتج المسقط المطلوب

ثانيا : المسقط الاستريوجرافى الاستوائى

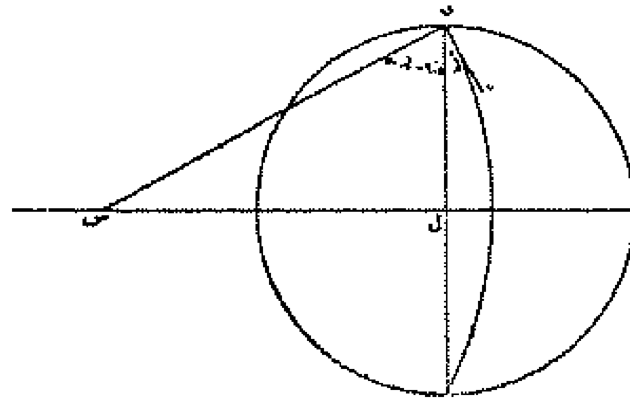
لانشاء هذا المسقط يتم الاستفادة من الخصائص الهندسية له وهى :

١ — خطوط الطول والعرض أقواس دوائر فيما عدا خط الطول الأوسط وخط الاستواء فهما مستقيمان

٢ — على المسقط تتعامد خطوط الطول والعرض كما كانت أصلا متعامدة على سطح الأرض .

وعلى ذلك تتلخص طريقة انشاء المسقط فى ايجاد مواقع مراكز اقواس دوائر الطول والعرض وكذلك فى ايجاد قيم انصاف أقطارها .

لإيجاد مواقع مراكز اقواس دوائر الطول وانصاف أقطارها



شكل ٥٩

١ — تقع جميع المراكز على خط الاستواء وامتداده

٢ — إذا كانت λ° هي قيمة الزاوية على سطح الأرض بين خط الطول المطلوب رسمه وخط الطول الأوسط فإن الزاوية بين مسقطيهما تكون أيضا λ° .

وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند نقطة س على الاستواء حيث :

> س ن ل = ٩٠° — λ

من المثلث س ق ل   ل س = ل ق ظتا λ

ل ن يمثل نصف قطر الدائرة المحددة أي قطر الأرض ٢ نق

∴ بعد المركز عن مركز الخريطة = ٢ نق ظتا λ

٣ — من المثلث س ن ل   س ن = ل ن قتا λ

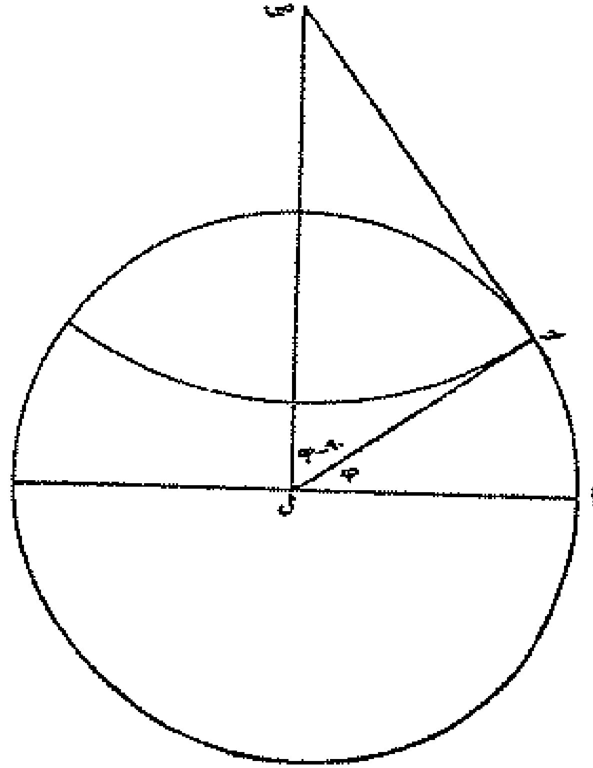
نصف القطر المطلوب = ٢ نق قتا λ

لايجاد مواقع مراكز أقواس دوائر العرض وأنصاف أقطارها

١ — تقع جميع مراكز العرض على امتداد خط الطول الأوسط

٢ — اذا كانت φ هي قيمة زاوية دائرة العرض المطلوب رسمها فإن

> حـ ل ا = φ



شكل ٦٠

وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند نقطة ص على امتداد خط الطول الأوسط وبحيث تكون < ص حـ ل قائمة كما كانت أصلا على سطح الأرض .

فى المثلث ص حـ ل

ل ص = ل حـ قتا φ

بعد المركز المطلوب عن مركز الخريطة = ٢ نق قتا φ

٢ — فى المثلث ص حـ ل　　　　حـ ص = ل حـ ظتا φ

نصف القطر المطلوب = ٢ نق ظتا φ

طريقة الانشاء

١ — ترسم الدائرة المحددة المسقط بنصف قطر يساوى قطر الأرض تبعا للمقياس المطلوب

٢ — يرسم قطر رأسى يمثل خط الطول الأوسط وقطر أفقى يمثل الاستواء

٣ — تحدد مواقع مراكز أقواس دوائر خطوط الطول على خط الاستواء وأمتداده بحيث تبعد عن مركز الدائرة المحددة بمسافات تساوى ٢ نق ظتا λ

٤ — من كل مركز يرسم قوس دائرة بنصف قطر يساوى ٢ نق قتا λ

٥ — توقع مراكز اقواس دوائر العرض على امتداد خط الطول الاوسط بحيث تبعد عن مركز الدائرة المحددة بمسافات تساوى ٢ نق قتا φ

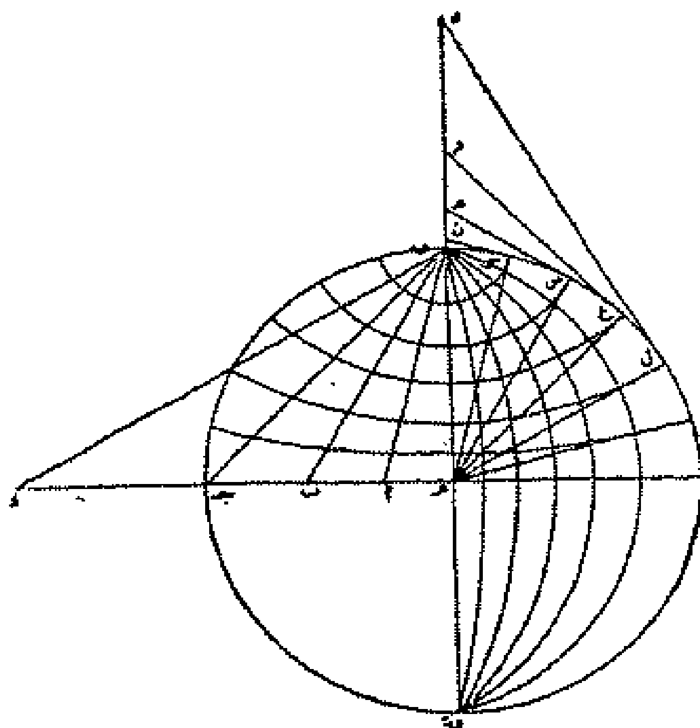
٦ — من كل مركز يرسم قوس دائرة بنصف قطر يساوى ٢ نق ظتا φ

الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى الاستوائى

١ — من المركز م ترسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الأرض .

٢ — يرسم قطر أفقى يمثل الاستواء وقطر رأسى يمثل خط الطول الأوسط الذى يقابل الدائرة المحددة فى نقطتى القطبين ن ، ن ٓ .

٣ — عند ن ترسم الزوايا م ن ا ، م ن ب ، م ن حـ ، ... بحيث تقع ا ، ب ، حـ ، ... على الاستواء وامتداده وبحيث تكون تلك الزوايا مساوية لمتممات زوايا الطول المطلوبة .



شكل ٦١

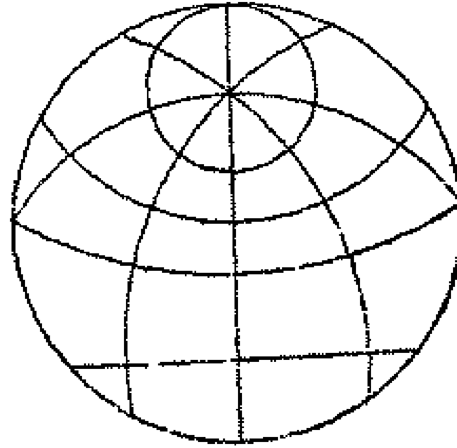
٤ — ترسم أقــــواس دوائر الطول من المركز ا ، ب ، حـ ، ... بأنصاف أقطار ا ن ، ب ن ، حـ ن ، ... .

٥ — يقسم محيط الدائرة المحـــددة للمسقط إلى أقسام متساوية فى النقط س ، ص ، ع ، ... وتوصل م س ، م ص ، م ع ، ... .

٦ — ترسم مماسات للدائرة المحددة عند س ، ص ، ع ، ... تقابل امتداد خط الطول الأوسط فى النقط ن ، هـ ، و ، ... .

٧ — ترسم أقـواس دوائر العرض من المراكز ن ، هـ ، و ، ... بأنصاف أقطار ن س ، هـ ص ، و ع ، ... .

ثالثا : المسقط الاستريوجـــرافى المنحرف



شكل ٦٢
الهيكل الجغرافى لمسقط استريوجرافى منحرف
مركزه عند العرض ٣٠° شمال

لإنشاء المسقط الاستريوجرافى المنحـــرف يتم الاستفادة من الخصائص الهندسية للمسقط والتى سبق ذكرها فى الحالات القطبية والاستوائية .

فى هذه الحالة يظهر خط الطول الأوسط خطا مستقيما ، كما يظهر خط العرض الذى يمر بمركز الإسقاط خطا مستقيما عموديا على خط الطول الأوسط .

تقع مراكز أقواس دوائر العرض على خط الطول الأوسط وامتـداده ــ وتقع مراكز أقواس دوائر الطـول على المستقيم الذى يمثل خط عرض مركز الإسقاط .

وعلى ذلك تتلخص طريقة إنشاء المسقط فى إيجاد مواقع مراكز أقـواس دوائر العرض والطول وكذلك فى إيجاد قيم انصاف أقطارها .

حساب الأبعاد على المسقط

شكل ٦٣

١ — نفرض أن سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند نقطة ل الواقعة عند العرض α (شمال أو جنوب) .

فى هذه الحالة يكون مركز الإسقاط عند نهاية القطر ل م أى عند نقطة ط الواقعة عند العرض α من النصف الآخر من الكرة الأرضية (جنوب أو شمال)

ط ل يكون عموديا على سطح الخريطة وطوله يساوى قطر الأرض = ٢نق

٢ — يكون مسقط القطب على الخريطة عند النقطة ن َ الواقعة عند تلاقى امتداد ط ن وسطح الخريطة .

$$< \text{ل ط ن}' = \tfrac{1}{2} < \text{ل م ن} = \tfrac{1}{2} (٩٠ - \alpha)$$

$$\frac{ل ن'}{ل ط} = ظا \angle ل ط ن'$$

ل ن' = ل ط ظا $\angle$ ل ط ن' = ٢ نق ظا $\frac{1}{2}$ (٩٠ − α) =

٢ نق ظا (٤٥ − $\frac{\alpha}{2}$) أى أن نقطة القطب ن' على الخريطة تقع على خط الطول

الأوسط وعلى بعد من مركز الخريطة ل بمسافة ٢ نق ظا $\frac{1}{2}$ (٩٠ − α) .

٣ — خط عرض مركز الإسقاط ط يسقط على الخريطة عمودياً على خط الطول الأوسط ويقطعه عند نقطة ا'

$\angle$ ل ط م' = α

$$\frac{ل ا'}{ل ط} = ظا \angle ل ط ا'$$

ل ا' = ل ط ظا $\angle$ ل ط ا' = ٢ نق ظا α

أى أن خط عرض مركز الإسقاط يبعد عن مركز الخريطة بمسافة ٢ نق ظا α .

٤ — على المسقط يبعد القطب عن خط عرض مركز الاسقاط بمسافة ا' ن'

ا' ن' = ا' ل + ل ن' = ٢ نق ظا α + ٢ نق ظا (٤٥ − $\frac{\alpha}{2}$)

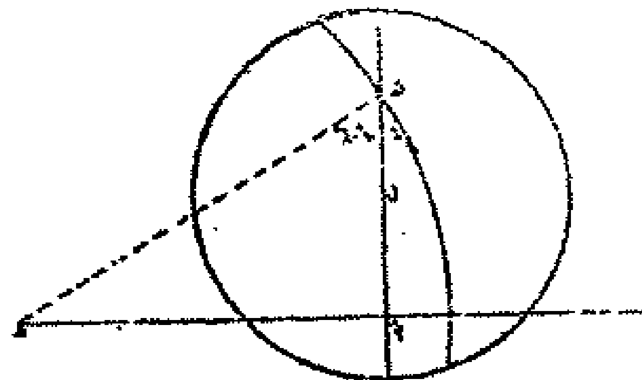
$$= ٢\,\text{نق}\left(\frac{٢\,\text{ظا}\,\frac{\alpha}{٢}}{١-\text{ظا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}}+\frac{١-\text{ظا}\,\frac{\alpha}{٢}}{١+\text{ظا}\,\frac{\alpha}{٢}}\right)$$

$$= ٢\,\text{نق}\left(\frac{٢\,\text{ظا}\,\frac{\alpha}{٢}+١-٢\,\text{ظا}\,\frac{\alpha}{٢}+\text{ظا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}}{١-\text{ظا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}}\right)$$

$$= ٢\,\text{نق}\;\frac{١+\text{ظا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}}{١-\text{ظا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}} = ٢\,\text{نق}\;\frac{\text{جتا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}+\text{جا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}}{\text{جتا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}-\text{جا}^{٢}\,\frac{\alpha}{٢}}$$

$$\text{اَ بَ} = ٢\,\text{نق} \times \frac{١}{\text{جتا}\,\alpha} = ٢\,\text{نق}\,\text{قا}\,\alpha$$

لإيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر الطول وانصاف أقطارها



شكل ٦٤

١ — إذا كانت λ هى قيمة الزاوية على سطح الأرض بين خط الطول المطلوب رسمه وخط الطول الأوسط ، فإن الزاوية بين مسقطيهما تكون أيضاً λ

وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند النقطة هـ حيث

∠ أ´ ب´ هـ = ٩٠° − λ

$\frac{\text{أ´ هـ}}{\text{أ´ ب´}}$ = ظتا λ

أ´ هـ = أ´ ب´ ظتا λ = ٢ نق قا α ظتا λ

أى أن المركز يبعد عن خط الطول الأوسط بمسافة ٢ نق قا α ظتا λ

٢ — $\frac{\text{هـ ب´}}{\text{أ´ ب´}}$ = قتا λ

هـ ب´ = أ´ ب´ قتا λ = ٢ نق قا α قتا λ

أى أن نصف القطر المطلوب يساوى ٢ نق قا α قتا λ

لإيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر العرض وأنصاف أقطارها

١ — إذا كانت حـ ، ء نقطتى تقاطع دائرة العرض ف مع خط الطول الأوسط على سطح الأرض فإن حـ´ ، ء´ وهما نقطتا تلاقى امتدادى ط حـ ، ط ء مع الخريطة يمثلان أقرب وأبعد نقطتين من مركز الخريطة ل وذلك بالنسبة لمحيط هذه الدائرة على المسقط .

شكل ٦٥

وتكون نقطة س الواقعة عند منتصف المسافة بين حـَ ، ءَ هي مركز دائرة العرض φ — كما يكون س حـَ نصف قطر هذه الدائرة .

٢ — $\angle$ ل م ب = زاوية عرض مركز الخريطة = α

$\angle$ حـ م ب = زاوية عرض الدائرة المطلوب رسمها = φ

$\angle$ ل م حـ = $\varphi - \alpha$

$\angle$ ل ط حـ = $\frac{1}{2}(\varphi - \alpha)$

$\angle$ ب م ء = $180 - \varphi$

$\angle$ ل م ء = $180 - \varphi - \alpha = 180 - (\varphi + \alpha)$

$\angle$ ل ط ء = $\frac{1}{2}\left[180 - (\varphi + \alpha)\right]$

$= 90 - \frac{1}{2}(\varphi + \alpha)$

$$\frac{\text{ل حـَ}}{\text{ل ط}} = \text{ظا} \angle \text{ل ط حـَ}$$

$$\text{ل حـَ} = \text{ل ط} \times \text{ظا} \angle \text{ل ط حـَ}$$

$$= \text{٢ نق ظا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi)$$

$$\frac{\text{ل وَ}}{\text{ل ط}} = \text{ظا} \angle \text{ل ط وَ}$$

$$\text{ل وَ} = \text{ل ط ظا} \angle \text{ل ط وَ} = \text{٢ نق ظتا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi)$$

$$\text{٤ — ل س} = \frac{\text{ل حـَ} + \text{ل وَ}}{2}$$

$$= \text{نق} \left[\text{ظا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi) + \text{ظتا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi) \right]$$

$$= \text{نق} \left[\frac{\text{جا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi)}{\text{جتا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi)} + \frac{\text{جتا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi)}{\text{جا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi)} \right]$$

$$= \text{نق} \left[\frac{\text{جا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi) \text{ جا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi) + \text{جتا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi) \text{ جتا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi)}{\text{جتا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi) \text{ جا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi)} \right]$$

$$= \frac{\text{٢ نق جتا } \alpha}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$$

أى أن مركز قوس دائرة العرض φ يقع على خط الطول الأوسط ويبعد

عن مركز الخريطة ل بمسافة $\text{٢ نق} \dfrac{\text{جتا } \alpha}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$

$$\text{ه ـ س ح}' = \frac{\text{ل و}' - \text{ل ح}'}{\text{٢}}$$

$$= \text{نق} \left[\text{ظتا } \tfrac{1}{2} (\phi + \alpha) - \text{ظا } \tfrac{1}{2} (\phi - \alpha) \right]$$

$$= \text{نق} \left[\frac{\text{جتا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi)}{\text{جا } \tfrac{1}{2} (\alpha + \phi)} - \frac{\text{جا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi)}{\text{جتا } \tfrac{1}{2} (\alpha - \phi)} \right]$$

$$= \text{نق} \left[\frac{\text{جتا } \tfrac{1}{2} (\phi + \alpha) \text{ جتا } \tfrac{1}{2} (\phi - \alpha) - \text{جا } \tfrac{1}{2} (\phi + \alpha) \text{ جا } \tfrac{1}{2} (\phi - \alpha)}{\text{جا } \tfrac{1}{2} (\phi + \alpha) \text{ جتا } \tfrac{1}{2} (\phi - \alpha)} \right]$$

$$= \text{٢ نق} \frac{\text{جتا } \phi}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$$

أى أن نصف قطر قوس دائرة العرض φ يساوى $\text{٢ نق} \dfrac{\text{جتا } \phi}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$

<u>مثال</u>

مسقط استريوجرافى منحرف مركزه عند العرض ٣٠° شمالا ، المقياس ١ : ٥٠ مليون مع بيان خطوط الطول والعرض كل ١٥° .

١ - نق = ١٢٫٧٤ سم

٢ - نصف قطر الدائرة المحددة المسقط ٢ نق = ٢٥٫٤٨ سم

٣ - بعد نقطة القطب ب عن مركز الخريطة ل = ٢ نقظا (٤٥ - $\frac{٣}{٢}$)
= ١٤٫٧١١ سم

٤ - بعد خط العرض ٣٠° جنوب عن مركز الخريطة = ٢ نق ظا ٣٠
= ١٤٫٧١١ سم

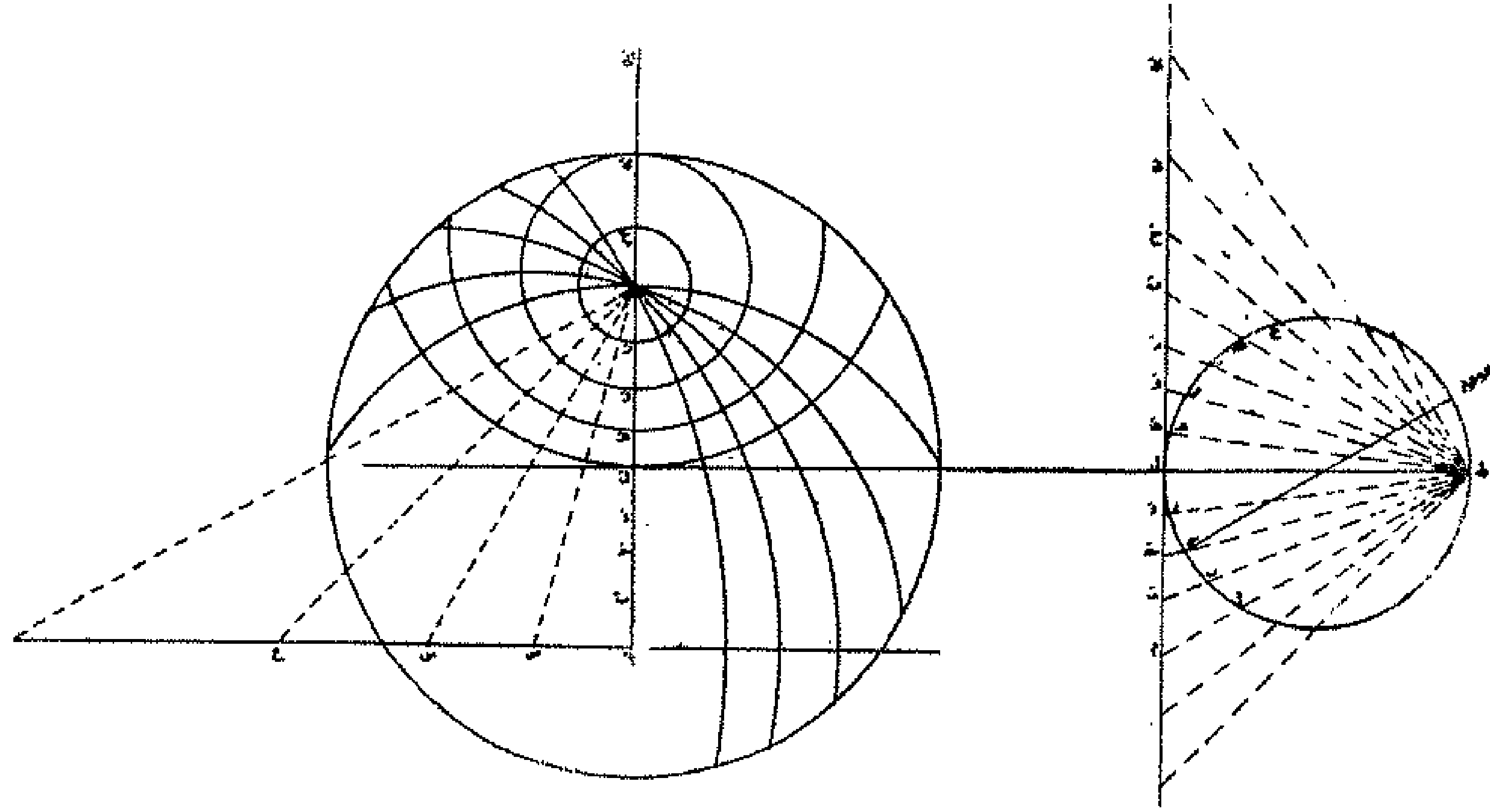
٥ - أقواس دوائر الطول

قيمة نصف القطر ٢ نق قا ٣٠ قتا λ	بعد مركز الدائرة عن خط الطول الأوسط ٢ نق قا ٣٠° ظتا λ	λ
١١٣٫٦٧٧ سم	١٠٩٫٨٠٤ سم	١٥°
٥٨٫٨٤٤ »	٥٠٫٩٦٠ »	٣٠°
٤١٫٦٠٩ »	٢٩٫٤٢١ »	٤٥°
٣٣٫٩٧٣ »	١٦٫٩٨٧ »	٦٠°
٣٠٫٤٦٠ »	٧٫٨٨٣ »	٧٥°
٢٩٫٤٢٢ »	صفر	٩٠°

٦ — أقواس دوائر العرض

φ	بعد مركز الدائرة عن مركز الخريطة ل $\frac{\text{٢ ق جتا ٣٠}}{\text{حا ٣٠ + حا } \varphi}$	قيمة نصف القطر $\frac{\text{٢ ق حا } \varphi}{\text{حا ٣٠ + حا } \varphi}$
٧٥° ش	١٥٫٠٠٣ سم	٤٫٥٠٠ سم
٦٠ ش	١٦٫١٥٤	٩٫٣٢٦
٤٥ ش	١٨٫٢٨٠	١٤٫٩٢٦
٣٠ ش	٢٢٫٠٦٦	٢٢٫٠٦٦
١٥ ش	٢٩٫٠٨٠	٣٢٫٤٣٤
الاستواء	٤٤٫١٣٣	٥٠٫٠٦٠
١٥ ح	٩١٫٤٩٣	١٠٢٫٠٤٧
٣٠ ح	خط مستقيم يبعد عن مركز الخريطة	بمسافة ١٤٫٧١١ سم (خطوة ٣)
٤٥ ح	١٠٦٫٥٤٦	٨٦٫٩٩٤

الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى المنحرف



شكل ٦٦

طريقة الرسم

١ — ترسم دائرة تمثل خط الطول الأوسط على سطح الأرض .

٢ — يرسم ط ل قطر أفقيا فى الدائرة . ط تمثل مركز الاسقاط ، ل تمثل مركز الخريطة . وعند ل يرسم مماس للدائرة يمثل خط الطول الأوسط فى المسقط

٣ — يرسم قطر آخر فى الدائرة يصنع مع القطر ط ل زاوية تساوى زاوية عرض مركز الخريطة . هذا القطر يمثل الاستواء .

ويعين القطبين على محيط الدائرة .

٤ — تحدد النقط ا ، ب ، حـ ، ء ، هـ ، ... على محيط الدائرة ، تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفة مع خط الطول الاوسط .

٥ — تمد المستقيمات ط ا ، ط ب ، ط حـ ، ... ، ط ن ، ... على استقامتها حتى تقابل المماس عند ل فى النقط ا َ ، ب َ ، حـ َ ، . ، ن َ ، ... على التوالى

٦ — نمـــد ط ل على استقامته الى ل َ . ومن المركز ل َ نرسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الدائرة الأرضية ط ل .

٧ — نرسم قطرا رأسيا فى الدائرة المحددة للمسقط يمثل خط الطول الأوسط

٨ — على خط الطول الأوسط فى المسقط نحدد مواقع النقط ا َ ، ب َ ، حـ َ ء َ ، هـ َ ، ... السابق الحصول عليها فى الخطـوة (٥)

٩ — عند ا َ نرسم مستقيما عموديا على خط الطول الأوسط يمثـــل دائرة عرض مركز الاسقاط ط ويكون هو أيضا المحل الهندسى لمراكز أقـــواس

١٠ — على الحل الهندسى السابق ، تحدد مراكز الاقواس المطلوبة عند س ، ص ، ع ... بحيث تكون الزوايا اَ ن س ، اَ ن ص ، اَ ن ع ، ... مساوية لمتممات زوايا الطول المطلوبة . ومن س ، ص ، ع ، ... ترسم الأقواس المطلوبة بأنصاف أقطار س نَ ، ص نَ ، ع نَ ، ...

١١ — ترسم دوائر العرض بحيث تكون أزواج النقط المتناظرة على خط الطول الاوسط أقطارا فيها : مثل جَ رَ ، ىَ وَ ، كَ هَ ، ...

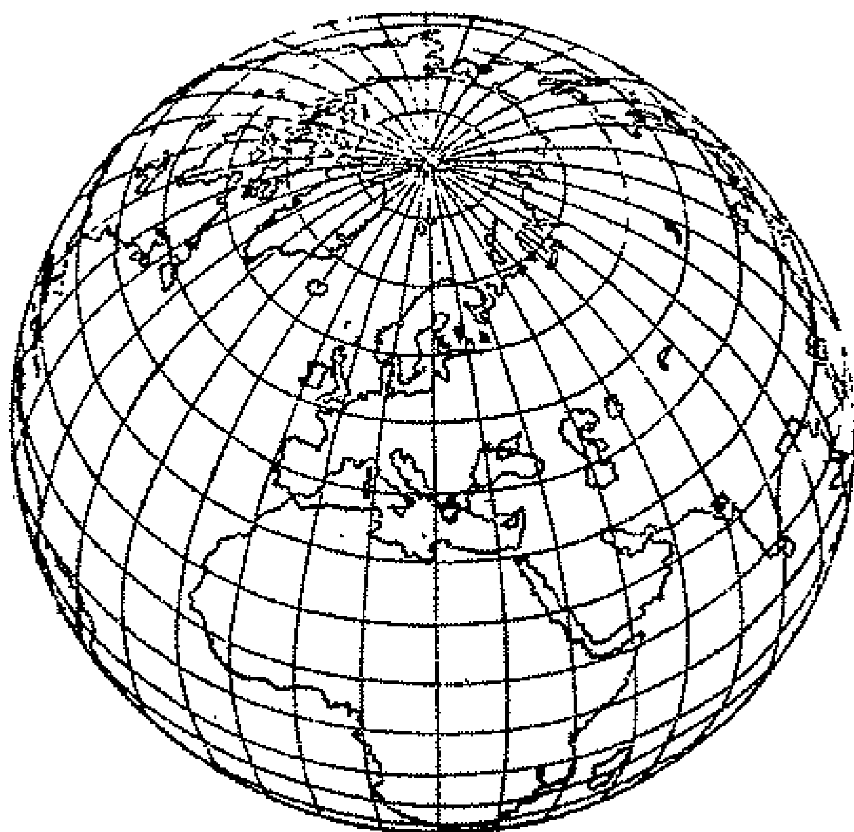
المسقط الاستريوجرافى المنحرف بمقياس كبير

فى نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط استريوجرافى منحرف باستخدام المسافات والإتجاهات على سطح الأرض بين مركز الخريطة وباقى النقط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافى .

٣ — المسقط الأورثوجرافى

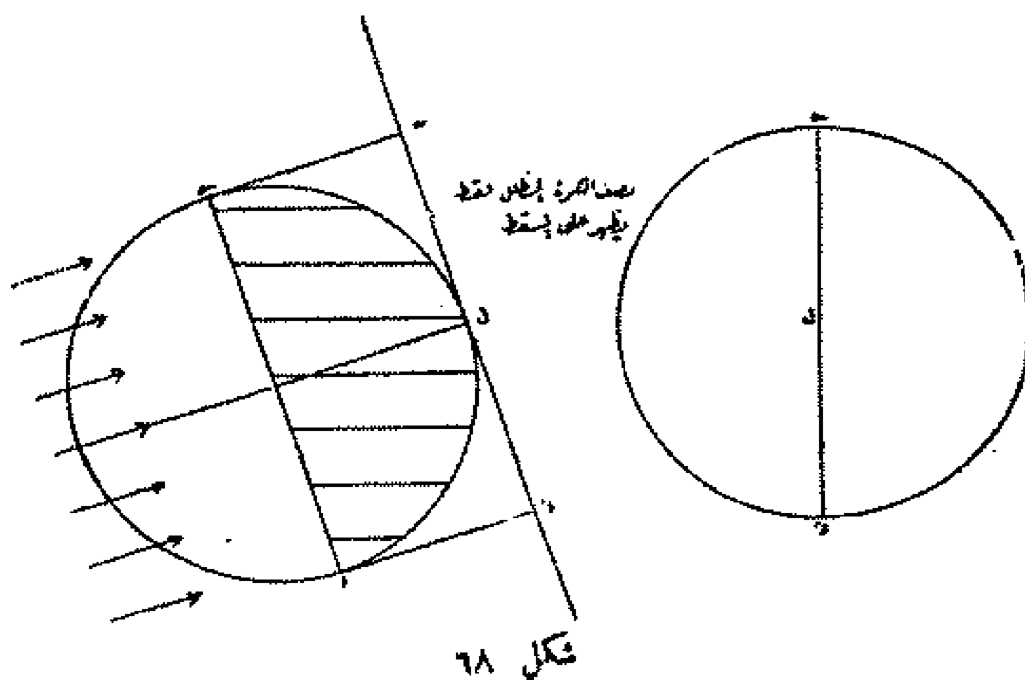
فى هذا المسقط الاتجاهى المنظور تكون أشعة الإسقاط متوازية وعمودية على سطح الخريطة .

وبصفة عامة ، أى دائرة مرسومة على سطح الأرض تسقط الى قطع ناقص سطح الخريطة إلا اذا كان مستوى تلك الدائرة عموديا على أشعة الاسقاط وعندئذ تسقط تلك الدائرة الى دائرة مساوية لها تماماً - كما وأنه إذا كان مستوى تلك الدائرة يوازى أشعة الاسقاط فعندئذ تسقط الدائرة الى خط مستقيم طوله يساوى قطر الدائرة .



شكل ٦٧

مسقط أورثوجرافي مركزه (عرض ٥٠° شمال ، طول ٢٠° شرق)



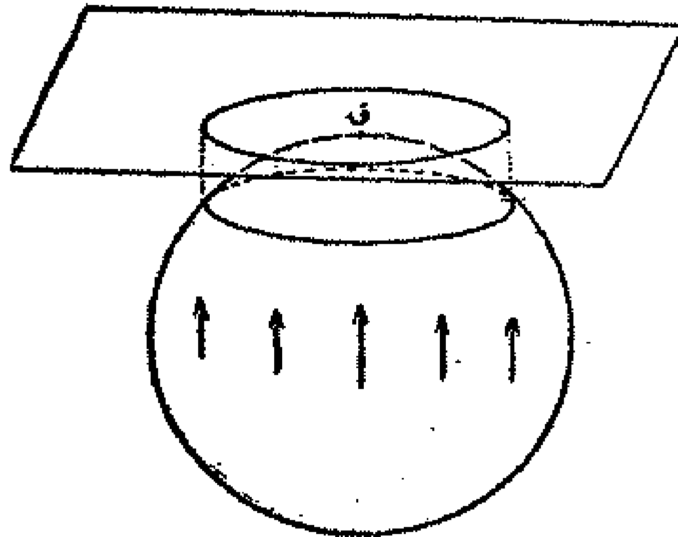
شكل ٦٨

الدائرة المحددة للمسقط

على المسقط الاورثوجرافى لايمكن بيان سوى نصف الكرة الأرضية الذى يتوسطه مركز الخريطة ل ، وهذا النصف يحده على سطح الأرض دائرة عظمى يكون مستواها عموديا على مسار أشعة الإسقاط . ولذلك تسقط هذه الدائرة العظمى الى دائرة مساوية تماما وتسمى الدائرة المحددة للمسقط .

أولا : المسقط الأورثوجرافى القطبى

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند نقطة القطب . وأشعة الاسقاط تكون موازية لمحور دوران الأرض .



شكل ٦٩

تسقط خطوط الطول الى خطوط مستقيمة وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب الأرضى .

واضح أن دوائر العرض تسقط الى دوائر متساوية تماماً للدوائر الأصلية على سطح الأرض ويكون مركزها عند نقطة القطب .

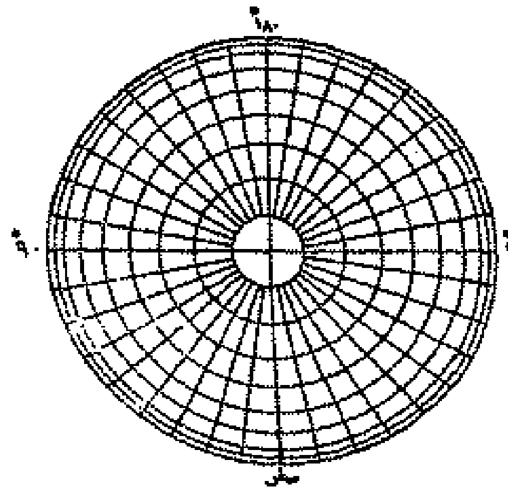
نصف قطر دائرة العرض ﻫ على الأرض = نق حتا ﻫ

طريقة الإنشاء

١ — ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة فى نقطة تصنع فيما بينها زوايا متساوية (١٠° فى شكل ٧٠) . هذه تمثل خطوط الطول .

٢ — من نقطة تقابل خطوط الطول (التى تمثل القطب) كمركز ، ترسم دوائر العرض بأنصاف أقطار تساوى نق حتا ﻫ (نق حتا ٨٠° ، نق حتا ٧٠° ، نق حتا ٦٠° ، ... فى شكل ٧٠)

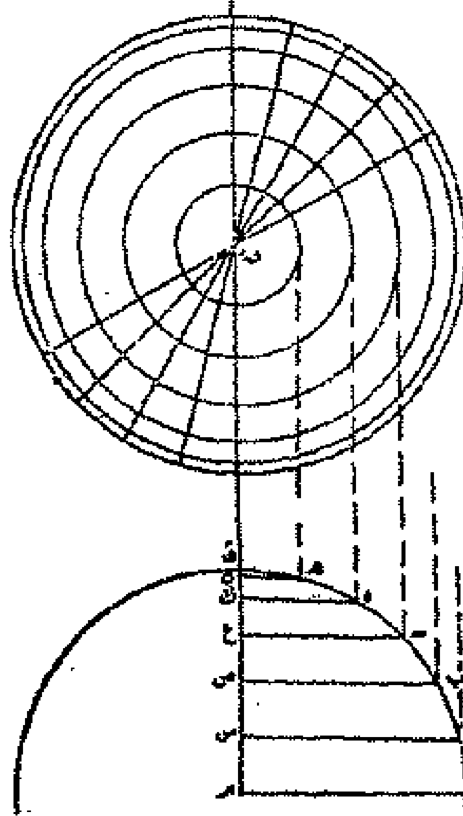
هذه الدوائر تمثل دوائر العرض



شكل ٧٠

الهيكل الجغرافى لمسقط أورثوجرافى قطبى

الطريقة البيانية لرسم المسقط الارثوجرافي القطبي



شكل ٧١

طريقة الرسم

١ — من المركز م ترسم دائرة تمثل الأرض (شكل ٧١)

٢ — يرسم قطر أفقي يمثل الاستواء وقطر رأسي يمر بالقطب ق

٣ يقسم محيط الدائرة الى أقسام متساوية عند النقط ا ، ب ، حـ ...

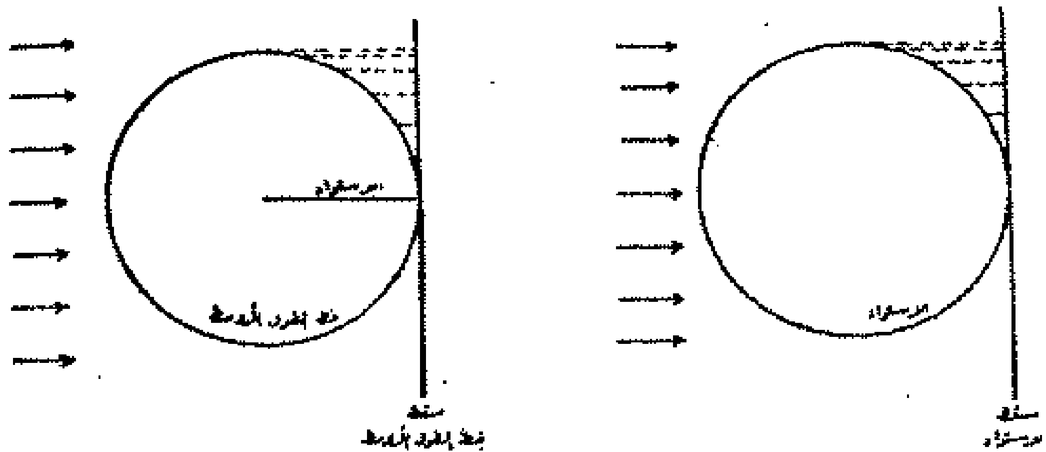
٤ — تسقط أعمدة من النقط ا ، ب ، حـ ، ... على القطر الرأسي لتقابله في س ، ص ، ع ، ...

٥ — من نقطة مثل ق َ على الخريطة ترسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيما بينها زوايا متساوية

٦ — من المركز ن َ ترسم دوائر العرض بأنصاف أقطار تساوى س ا س ب ، ع حـ ، ...

ثانيا : المسقط الاورثوجرافى الاستوائى

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند خط الاستواء وأشعة الاسقاط تكون موازية لمستوى الاستواء



شكل ـ ٧٢

تظهر خطوط العرض على المسقط خطوطاً مستقيمة متوازية وتتباعد عن الاستواء بنفس المسافات التى تتباعد بها مستوياتها عن مستوى الاستواء على الارض .

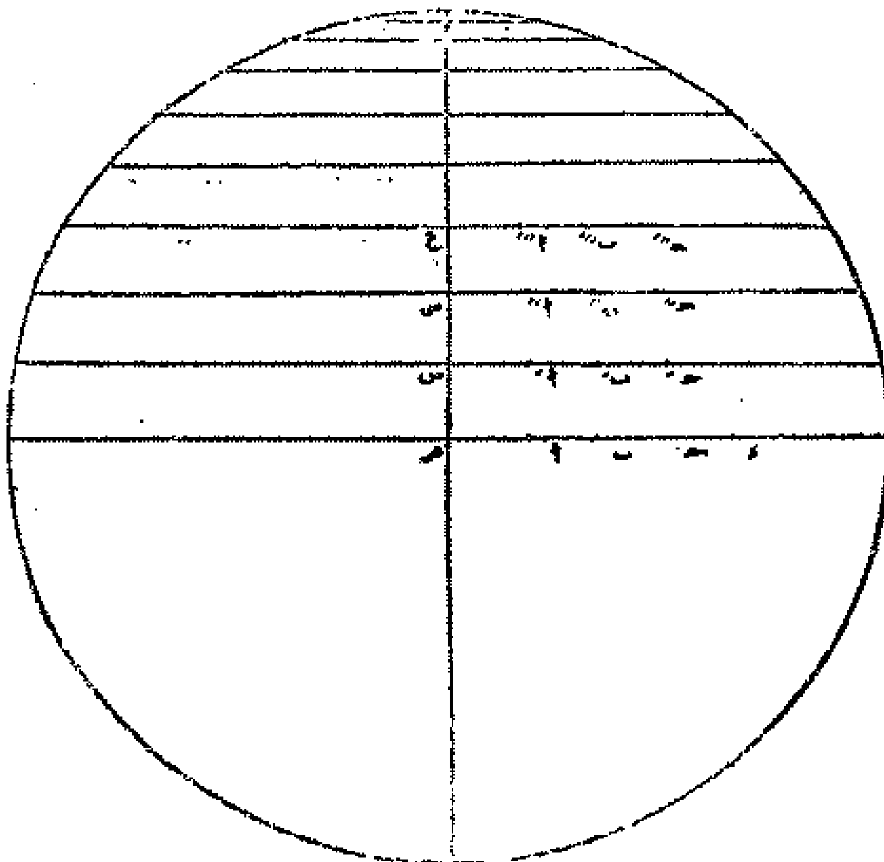
وبخلاف خط الطول الأوسط الذى يظهر على شكل خط مستقيم ، تظهر

باقى خطوط الطــول على شكل قطاعات ناقصـــة محورها الأكبر هو خط الطول الأوسط .

ويمكن بالرجوع الى شكل ٧٢ ، التأكد من أن المسافات على خط الطول الاوسط بين خطوط العرض المختلفة تساوى المسافات على خط الاستواء بين خطوط الطول المختلفة .

وأن المسافة على أي من الطول الأوسط أو الاستواء من مركز الخريطـــة تساوى نق جا (زاوية العرض) أو نق جا (زاوية الطول)

طريقة الإنشاء



شكل ٧٣

١ — ترسم الدائرة المحددة للمسقط من المركز م وبنصف قطر يساوى نصف قطر الأرض .

٢ — نرسم قطرا رأسيا يمر بالقطبين ويمثل خط الطول الأوسط كما نرسم قطرا أفقيا يمثل الاستواء .

٣ — تقسم محيط الدائرة الى أقسام متساوية ومن نقط التقسيم نرسم موازيات للاستواء تمثل خطوط العرض .

(نلاحظ ان خط العرض يبلغ طوله ٢ نق جتـا ϕ أى قطر دائرة العرض الأصلية على سطح الأرض كما يبعد خط العرض عن الاستواء بمسافة نق جا ϕ وهى نفس المسافة التى كان يبعد بها مستوى دائرة العـــرض ϕ عن مستوى الاستواء) .

٤ — تقسم خط الاستواء بالنقط ا ، ب ، حـ ، ... بنفس النسب التى بها قسمت خطوط العرض خط الطول الاوسط (ق س ، ص ، ع ، ...)

٥ — نرسم القطاعات الناقصة التى تمثل خطوط الطول بحيث يكون خط الطول الاوسط محورا أكبر فيها وبحيث تمر فى كل من النقط ا ، ب ، حـ ، ... فتنتج خطوط الطول .

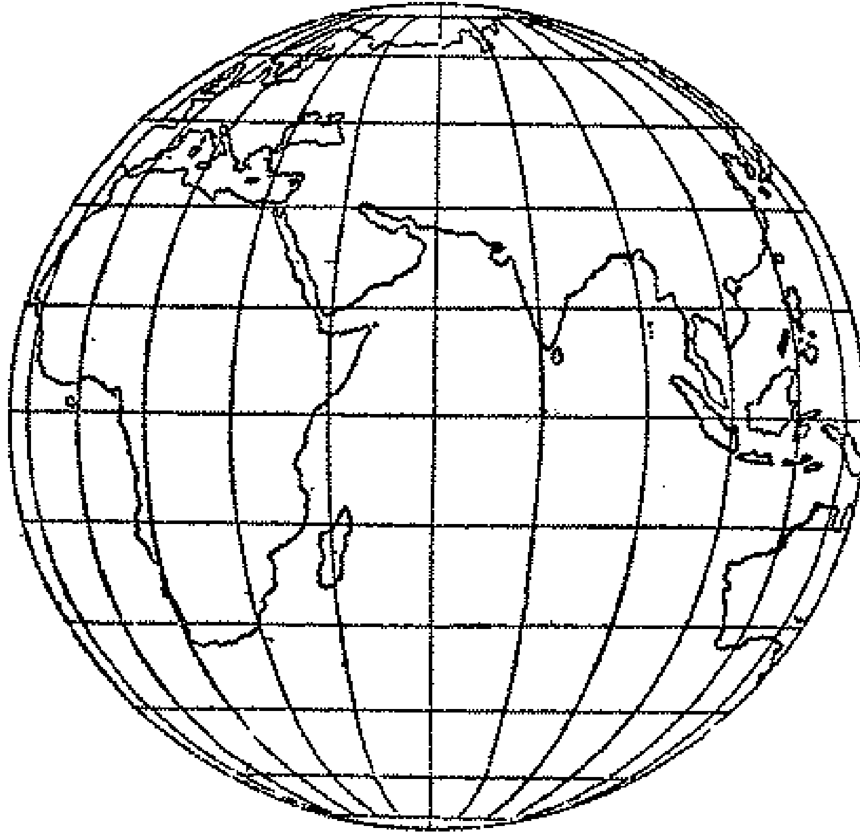
ملحوظة مفيدة .

للمساعدة فى رسم القطاعات الناقصة التى تمثل خطوط الطول ، يمكن تحديد النقط اَ ، بَ ، حـَ ، ... وكذلك اً ، بً ، حـً ، ... على كل خط من خطوط العرض بالطريقة الآتية :

١ — م ا = نق حا ١٠° ، م ب = نق حا ٢٠°
م حـ = نق حا ٣٠ ، ......

٢ — أطوال خطوط العرض من الطول الأوسط وحتى محيط الدائرة المحددة تساوى نق جتا ١٠° ، نق جتا ٢٠° ، نق جتا ٣٠° ، ...

٣ — يقسم كل خط عرض بنفس النسب التي تم بها تقسيم الاستواء . وبذلك يكون



شكل ٧٤

نصف الكرة الشرقي على مسقط أورتوجرافي استوائي

س أ' = نق جتا ١٠° حا ١٠° ، س ب' = نق جتا ١٠° حا ٢٠° ،
س حـ' = نق جتا ١٠° حا ٣٠° ، ......

ويكون

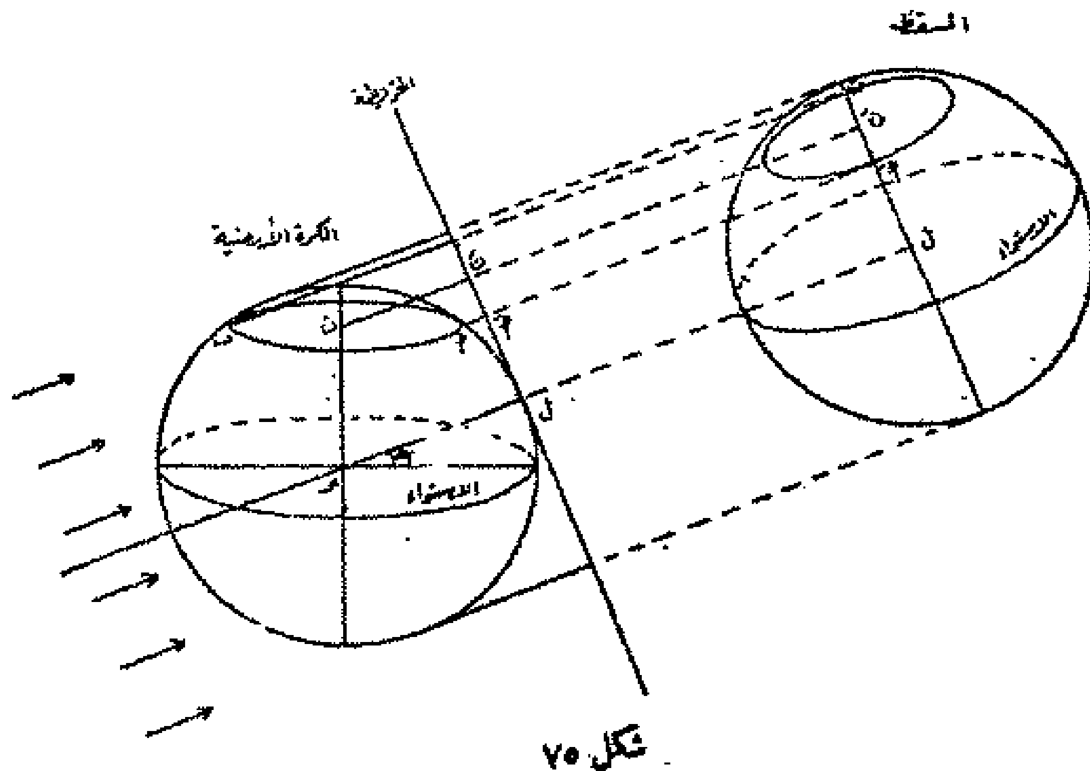
س أ'' = نق جتا ٢٠° جا ١٠° ، س ب'' = نق جتا ١٠° حا ٢٠° ،
س حـ'' = نق جتا ٢٠° جا ٣٠° ، ......

ويكون

ع أ''' = نق جتا ٣٠° جا ١٠° ، ع ب''' = نق جتا ٣٠° جا ٣٠° ،
ع حـ''' = نق جتا ٣٠° جا ٣٠° ، ...

المسقط الأورثوجرافى المنحرف

فى هذه الحالة تسقط جميع خطوط الطول والعرض إلى قطاعات ناقصة ماعدا خط الطول الأوسط الذى يسقط إلى قطر فى الدائرة المحددة .



شكل ٧٥

الخصائص الهندسية للمسقط

١ — نفرض أن مركز الخريطة ل (نقطة التماس مع سطح الأرض) تقع عند العرض α . فى هذه الحالة تميل أشعة الإسقاط على الاستواء بزاوية α .

٢ — نفرض أن ن مركز دائرة العرض ϕ على الكرة الأرضية وأن نَ هو مسقطها على الخريطة .

م ن على الأرض = نق حا ϕ

ل نَ = م ن جتا α = نق حا ϕ جتا α

أى أن مركز القطع الناقص الذى يمثل دائرة العرض ϕ على المسقط يقع على خط الطول الأوسط وعلى بعد من مركز الخريطة يساوى نق حا ϕ جتا α

٣ — اَ نَ هو نصف المحور الأصغر للقطع الناقص لدائرة العرض ϕ .

اَ نَ = ا ن حا α

لكن ا ن هو نصف قطر دائرة العرض ϕ ويساوى نق جتا ϕ

اَ نَ = نق جتا ϕ حا α

٤ — المحور الأكبر للقطع الناقص لدائرة العرض لا يتعرض لأى تغيير فى طوله عندما يسقط إلى سطح الخريطة لأنه يوازى سطح الخريطة .

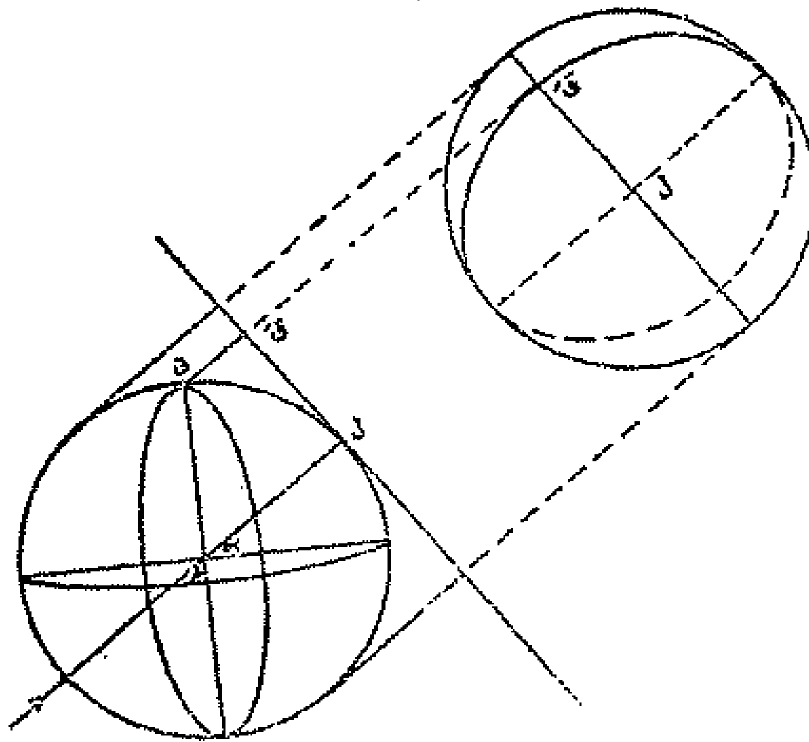
أى أن نصف طول المحور الأكبر للقطع الناقص لدائرة العرض ϕ يساوى نق جتا ϕ .

وعلى ذلك فالخطوات (٢) ، (٣) ، (٤) تحدد شكل وموقع القطاع الذى يمثل دائرة عرض .

٥ — خط الطول المرسوم على سطح الأرض والذى يبعد ٩٠° طوليه عن خط الطول الأوسط يسقط إلى قطع ناقص ويكون محـــوره الأكبر مساويا ٢ نق ، أى بدون تغيير لأنه يوازى سطح الخريطة . ويكون محوره الأكبر عموديا على خط الطول الأوسط .

ويكون نصف محوره الأصغر ل قَ هـــو مسقط م ق على الخريطة

ل قَ = م ق جتا α = نق جتا α



شكل ٧٦

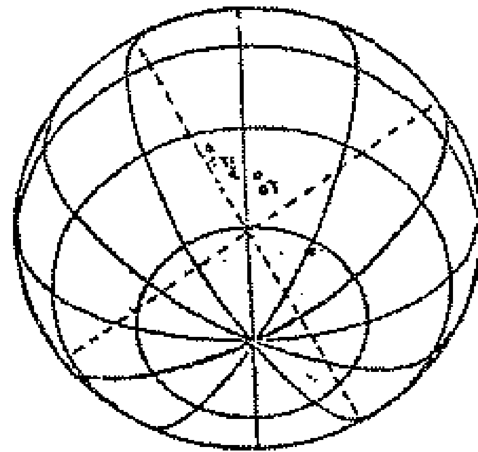
٦ — خط الطول المرسوم على سطح الأرض والذى يبعد بزاوية طول مقدارها λ عن خط الطول الأوسط ، يسقط إلى قطع ناقص مركزه هو مركز الدائرة المحددة (ل) ويكون طول محوره الأكبر ٢ نق بدون تغيير ويميل محوره الأكبر على خط الطول الأوسط بزاوية هـ حيث

ظا هـ = ظا λ حا α

ويكون نصف محوره الأصغر مساويا نق جتا α حا λ

مثـــال :

مسقط أورثوجرافى مركزه عند العرض ٦٠° جنوب يمثـــل كرة أرضية نصف قطرها ٢٥ سم .



شكل ٧٧

أولا : قطاعات الطول

الطول λ	زاوية ميل المحور الأكبر على خط الطول الأوسط (هـ) ظا هـ = ظا λ جا α	نصف المحور الأصغر نق جتا α جا λ
٣٠°	ظا ٣٠ جا ٦٠ هـ = ٢٦½°	٢٥ جتا ٦٠ جا ٣٠ = ٦٫٢٥ سم
٦٠	ظا ٦٠ جا ٦٠ هـ = ٥٦	٢٥ جتا ٦٠ جا ٦٠ = ١٠٫٨٢
٩٠	ظا ٩٠ جا ٦٠ هـ = ٩٠	٢٥ جتا ٦٠ جا ٩٠ = ١٢٫٥٠

ثانيا : قطاعات العرض مبينة فى الجدول فى الصفحة المقابلة

المسقط الأورثوجرافى المنحرف بمقياس كبير

فى نهاية هذا الباب يوجد مثـــال محسوب لمسقط أورثوجرافى منحرف باستخدام المسافات والاتجاهات على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى باقى النقط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافى .

٤ — المسقط الاتجـاهى متساوى المسافات

كما تبين من اسم المسقط يكون الاتجاه من مركز الخـريطة إلى أى مكان على الخريطة مساويا لنفس الاتجاه على سطح الأرض وكذلك تكون المسافة المستقيمة من مركز الخريطة إلى أى مكان عليها مساوية للمسافة (على الدائرة العظمى) المناظرة على سطح الأرض .

ولحساب المسافات والاتجـــاهات على سطـح الأرض يلزم الإلمام

ثانيا : قطاعات العرض

العرض φ	بعد مركز القطع عن مركز الخريطة نق جتا φ جتا α	نصف المحور الأكبر نق جتا φ	نصف المحور الأصغر نق جتا φ حا α
القطب	٢٥ جا ٩٠° جتا ٦٠ = ١٢٫٥٠ سم	—	—
٦٠° ح	٢٥ جا ٦٠ جتا ٦٠ = ١٠٫٨٢	٢٥ جتا ٦٠ = ١٢٫٥٠	٢٥ جتا ٦٠ جا ٦٠ = ١٠٫٨٢
٣٠° ح	٢٥ جا ٣٠ جتا ٦٠ = ٦٫٢٥	٢٥ جتا ٣٠ = ٢١٫٦٥	٢٥ جتا ٣٠ جا ٦٠ = ١٨٫٧٥
الاستواء	٢٥ جا ٠٠ جتا ٦٠ = ٠٫٠٠	٢٥ جتا ٠٠ = ٢٥٫٠٠	٢٥ جتا ٠٠ جا ٦٠ = ٢١٫٦٥

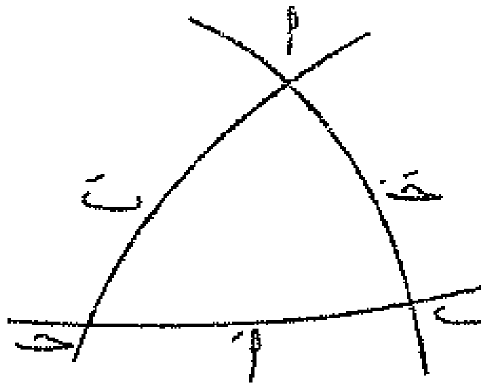
بحساب المثلثات الكروية

المثلث الكروى

المثلث الكروى هو الشكل المرسوم على سطح كرة والذى ينتج من تقاطع ثلاث دوائر عظمى .

ويقاس طول ضلع فى المثلث بقيمة الزاوية التى يصنعها عند مركز الكرة .

قوانين المثلثات الكروية



شكل ٧٨

إذا كانت أ ، ب ، حـ رؤوس مثلث كروى وكانت أَ ، بَ ، حـَ هى الأضلاع المقابلة .

توجد قوانين كثيرة تربط زوايا وأضلاع المثلث نذكر منها القوانين الأساسية الآتية :

قوانين الجيب

$$\frac{\text{جا أ}}{\text{جا أَ}} = \frac{\text{جا ب}}{\text{جا بَ}} = \frac{\text{جا حـ}}{\text{جا حـَ}}$$

قوانين الجيب تمام

$$\text{جتا أَ} = \text{جتا بَ جتا حـَ} + \text{جا بَ جا حـَ جتا أ}$$

$$\text{جتا بَ} = \text{جتا حـَ جتا أَ} + \text{جا حـَ جا أَ جتا ب}$$

$$\text{جتا حـَ} = \text{جتا أَ جتا بَ} + \text{جا أَ جا بَ جتا حـ}$$

تحويل القياس الزاوى إلى قياس طولى

الميل الجغرافى هو طول قوس على سطح الأرض يقـــابل زاوية عند مركز الكرة الأرضية مقدارها دقيقة واحدة .

ولما كانت الأرض غير كاملة التكور لذلك تختلف قيمة الميل الجغرافى من مكان لآخر . وتم الاتفاق على أن القيمة المتوسطة للميل الجغرافى تعادل ١٨٥٢ متر وهى القيمة التى يبلغها طول القوس عند العرض ٤٥° .

فإذا كان هنالك قوساً من دائرة عظمى على سطح الأرض طوله ٤٠ درجة أى يساوى ⅑ محيط الأرض (٣٦٠°) فإن طول هذا القوس = ٤٠° × ٦٠´ = ٢٤٠٠´ أى ٢٤٠٠ ميل جغرافى .

ويساوى تقريباً ٢٤٠٠ × ١٫٨٥٢ = ٤٤٤٥ كيلو متر



شكل (٧٩)

العالم على مسقط إتجاهى متساوى المسافات

المسافات والاتجاهات على الخريطة من مدينة نيويورك تمثل المسافات والاتجاهات الأصلية على سطح الأرض

إستخدام المسقط الاتجاهي متساوى المسافات

يعطي المسقط المسافة الصحيحة والاتجاه الصحيح من مركز الخريطة إلى أي مكان آخر على الخريطة. ويرسم خريطة مركزها عند محطة إرسال لاسلكية تعطى الخريطة أبعاد واتجاهات الأماكن المختلفة من محطة الإرسال وبذلك يمكن تحديد إتجاهات الهوائيات والقدرات المطلوبة لتوصيل الإذاعات إلى مختلف الأماكن .

أولا المسقط الإتجاهي متساوى المسافات القطبي

كما هو الحال في جميع المساقط الإتجاهية تكون الإتجاهات عند القطب صحيحة ولذلك تظهر خطوط الطول مستقيمة متلاقية عند نقطة القطب .

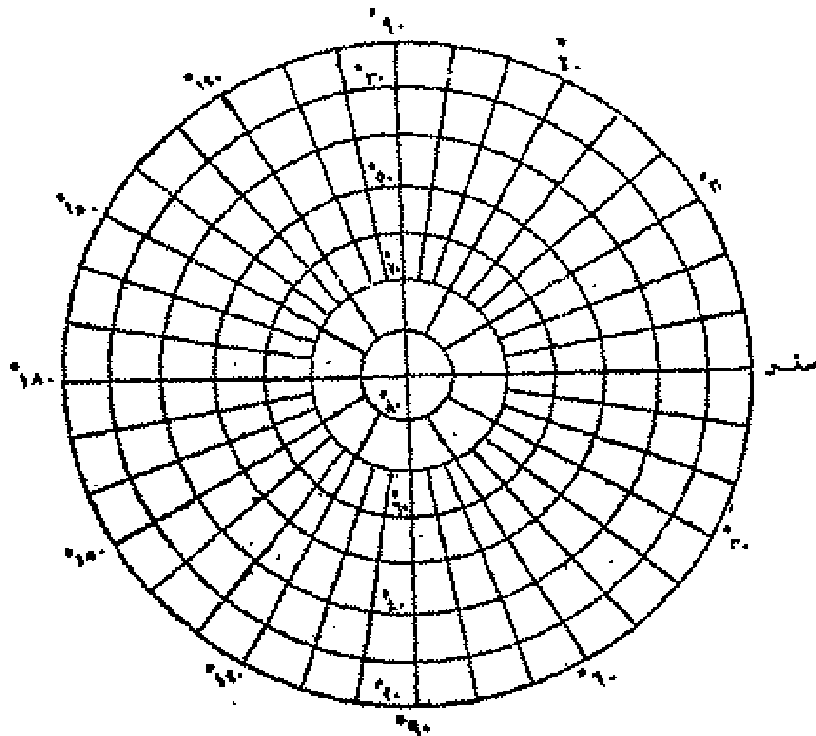
على سطح الأرض تكون جميع النقط التي تكون دائرة من دوائر العرض على أبعاد متساوية من القطب ولذلك تظهر دوائر العرض على المسقط على هيئة دوائر ويكون نصف قطر دائرة العرض على المسقط مساويا للمسافة القوسية على سطح الأرض بين نقطة القطب وأي نقطة من نقط دائرة العرض .

طريقة الإنشاء

١ ـ ترسم مجموعة خطوط الطول المستقيمة تصنع فيما بينهـــا زوايا متساوية وتساوى الزوايا المناظرة على سطح الأرض .

٢ ـ ترسم دوائر العرض مراكزها عند نقطـــة القطب الواقعة عند تلاقى خطوط الطول وبأنصاف أقطار تساوى المسافة القوسية المناظرة على سطح الأرض.

$$نق_{\varphi} = نق \times (٩٠ - \varphi) \times \frac{ط}{١٨٠}$$



شكل ٨٠

الهيكل الجغرافى لمسقط إتجاهى متساوى المسافات قطبى

مثـال : مسقط إتجاهى متساوى المسافات قطبى بمقياس ١ : ١٠٠ مليون .

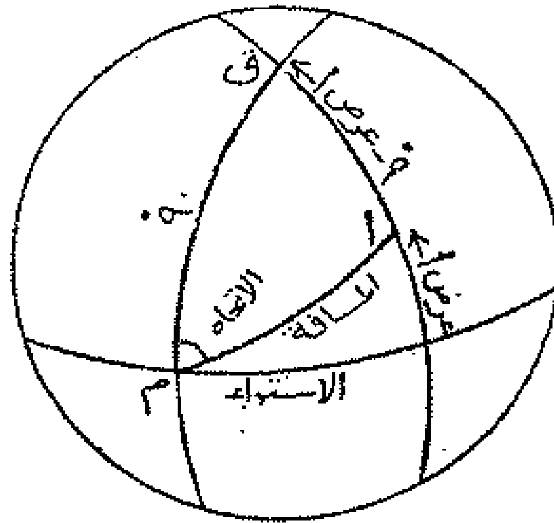
نق = ٦٫٣٧٠ سم

$$نق_{٨٠} = ٦٫٣٧٠ \times (٩٠ - ٨٠) \times \frac{ط}{١٨٠} = ١٫١١١٨ \text{ سم}$$

$نق_{٧٠} = ٢٫٢٢٣٥$ $\qquad$ $نق_{٦٠} = ٣٫٣٣٥٢$

نق٥٠ = ٤ر٤٤٧١ نق٤٠ = ٥ر٥٥٨٩

ثانيا : المسقط الاتجاهى متساوى المسافات الإستوائى



شكل ٨١

يقع مركز الخريطة عند نقطة على الاستواء مثل م ، ويتم حساب البعد من مركز الخريطة إلى جميع النقط التى تشكل الهيكل الجغرافى مثل نقطة أ ، كما يتم حساب الإتجاه (الانحراف) أى الزاوية التى يصنعها م أ مع اتجاه الشمال عند م وهو اتجاه خط الطول م ق .

المثلث الكروى الذى يجمع م ، أ مع نقطة القطب ق تتحدد عناصره كالآتى:

١ ـ ق نقطة القطب ، م نقطة على الاستواء فيكون ق م = ٩٠° .

٢ ـ تبعد أ عن الاستواء بمقدار زاوية عرضها φ فيكون ق أ = ٩٠° ـ φ

٣ ـ خط الطول الذى يمر بنقطة أ يصنع زاوية λ مع خط طول النقطة م

وقيمة هذه الزاوية تساوى الفرق بين طول كل من ١ ، م .

يتم الحصول على المسافة ١ م مقـــدرة بالدرجات من العلاقة

جتا ١ م = جتا ⍉ جتا λ .

كما يتم الحصول على الاتجاه (> ق م ١) من العلاقة

ظا (الاتجاه) = ظتا φ جا λ .

وبعد حساب المسافة والاتجاه لكل نقطة يتم التوقيع على الخريطة ثم يتم توصيل النقط المشتركة فى نفس الطول فينتج الهيكل المطلوب .

مثـــال: مسقط إتجـــاهى متساوى المسافات استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش مـــع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

بعـــد النقطة (عرض ٣٠° شمال ، طول ٦٠° شرق) عن مركز الخريطة

جتا (البعد) = جتا ٣٠ جتا ٦٠

البعد = ٦٤٫٣٤١° = ٣٨٦٠ ميل جغرافى = ٧١٥٠ كيلو متر

ظا (الاتجاه) = ظتا ٣٠ جا λ

الاتجاه = ٥٦٫٣١٠°

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل على الجدول الآتى :

قائمة الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

طول / عرض	٣٠°		٦٠°	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠	٤٠٫٨٩٣°	٤١٫٤١٠°	١٦٫١٠٢°	٦٤٫٣٤١°
٦٠	٥٦٫٣١٠	٦٤٫٣٤١	٢٦٫٥٦٥	٧٥٫٥٢٢
٩٠	٦٠٫٠٠٠	٩٠٫٠٠٠	٣٠٫٠٠٠	٩٠٫٠٠٠
١٢٠	٥٦٫٣١٠	١١٥٫٦٥٩	٢٦٫٥٦٥	١٠٤٫٤٧٨
١٥٠	٤٠٫٨٩٣	١٣٨٫٥٩٠	١٦٫١٠٢	١١٥٫٦٥٩
١٨٠	٠٠٫٠٠٠	١٥٠٫٠٠٠	٠٠٫٠٠٠	١٢٠٫٠٠٠

وبتوقيع النقط وتوصيلها نحصل على الهيكل الجغرافي في شكل ٨٢ .

المعروف أن التوقيع باستخدام الاحداثيات المتعامدة يكون أدق وأسهل من التوقيع باستخدام الاتجاه والمسافة . والجدول الآتي يعطى احداثيات النقط التي تشكل الهيكل الجغرافي باعتبار نقطة الأصل عند مركز الخريطة وينطبق محور الصادات على خط الطول الأوسط كما ينطبق محور السينات على الاستواء

وتكون معادلات التحويل من الاحداثيات القطبية (اتجاه ومسافة) الى الاحداثيات المتعامدة (س ، ص) كالآتى :

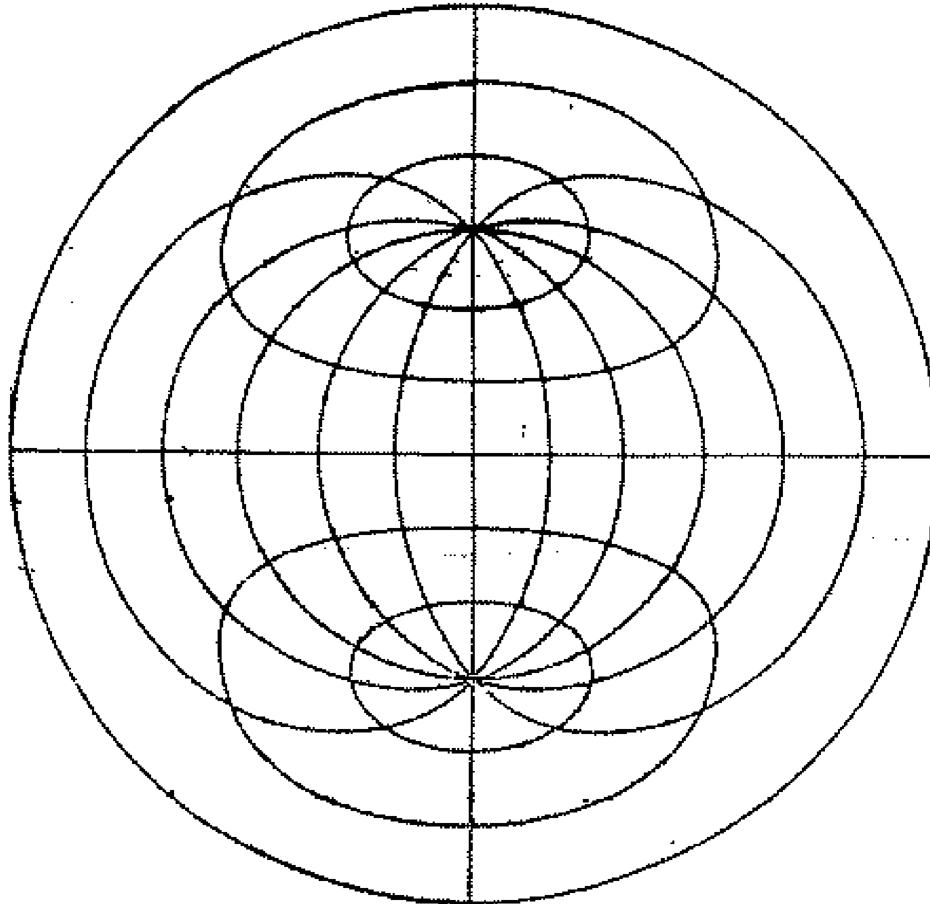
س = المسافة × جا (الاتجاه)

ص = المسافة × جتا (الاتجاه)

قائمة الاحداثيات المتعامدة على الخريطة

المقياس : وحدة طولية لكل درجة

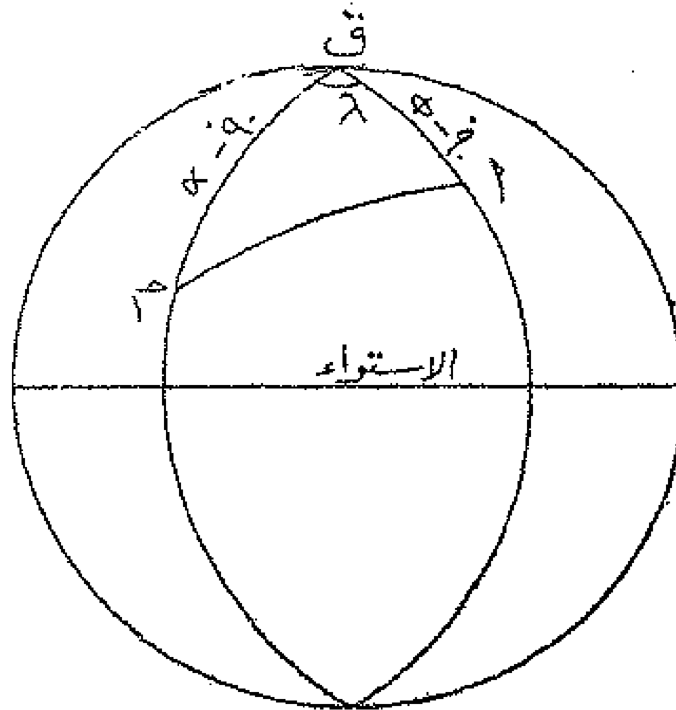
عرض / طول	٣٠°		٦٠°	
	س	ص	س	ص
٣٠	٢٧٫١١	٣١٫٣٠	١٧٫٨٤	٦١٫٨٣
٦٠	٥١٫٠٣	٣٥٫٦٩	٣٣٫٧٧	٦٧٫٥٥
٩٠	٧٧٫٩٤	٤٥٫٠٠	٤٥٫٠٠	٧٧٫٩٤
١٢٠	٩٦٫٢٣	٦٤٫١٦	٤٦٫٧٣	٩٣٫٤٥
١٥٠	٩٠٫٧٣	١٠٤٫٧٦	٣٢٫٠٨	١١١٫١٢
١٨٠	صفر	١٥٠	صفر	١٢٠



شكل ٨٢

المسقط الاتجاهي متساوي المسافات المنحرف

الحالة العامة



شكل ٨٢

لاتختلف الحالة العامة عن الحالة الإستوائية في طريقة الإنشاء ولكن الحسابات اللازمة للمسافات والإتجاهات تكون أطول من الحسابات في الحالة الإستوائية .

إذا كان مركز الخريطة (م) عند العرض ه وكانت (ا) احدى نقط الهيكل الجغرافي عند العرض φ . وكانت الزاوية عند القطب (ق) بين خطي طول م ، ا هي λ

ق م = ٩٠ — α

ق ا = ٩٠ — ϕ

> ا ق م = λ

ويكون جتا (المسافة ا م) = جا α جتا ϕ

\+ جتا α جتا ϕ جتا λ

جتا (الاتجاه ق م̂ ا) = (جا ϕ — جتا (المسافة) جا α) / (جا (المسافة) جتا α)

مثال :

مسقط اتجاهي متساوي المسافات مركزه عند الموقع (عرض ٦٠° شمال ، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

بعد النقطة (عرض ٣٠° شمال ، طول ١٢٠° شرق) عن مركز الخريطة

جتا (المسافة) = جا ٦٠ جا ٣٠ + جتا ٦٠ جتا ٣٠ جتا ١٢٠

المسافة = ٧٧ر٤٩٦°

جتا (الاتجاه) = (جا ٣٠ — جتا ٧٧ر٤٩٦ جا ٦٠) / (جا ٧٧ر٤٩٦° جتا ٦٠)

∴ الاتجاه = ٥٠ر١٩٥°

بعد النقطة (عرض ٦٠° جنوب ، طول ١٥٠ شرق) عن مركز الخريطة

جتا (المسافة) = جا ٦٠ جا(—٦٠) + جتا ٦٠ جتا (—٦٠) جتا ١٥٠

المسافة = ١٦٥ر١٢٩°

جتا (الاتجاه) = $\frac{\text{جا (− ٦٠°) − جتا ١٦٥ر١٢٩° جا ٦٠}}{\text{جا ١٦٥ر١٢٩° جتا ٦٠}}$

الاتجـــاه = ١٠٣ر٠٦٤°

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل على الجدول الآتى :

عرض / طول		٦٠ ش	٣٠ ش	صفر	٣٠ ج	٦٠ ج
٣٠°	اتجاه	٩٦ر٩°	١٣٢ر٧°	١٤٦ر٣°	١٥٤ر٣°	١٦٢ر٨°
	مسافة	١٤ر٩°	٣٦ر١°	٦٤ر٣°	٩٣ر٣°	١٢٢ر٢°
٦٠	اتجاه	٦٣ر١	٩٩ر٥	١١٦ر٦	١٢٩ر٨	١٤٦ر٣
	مسافة	٢٨ر٩	٤٩ر٥	٧٥ر٥	١٠٢ر٥	١٢٨ر٧
٩٠	اتجاه	٤٩ر١	٧٣ر٩	٩٠	١٠٦ر١	١٣٠ر٩
	مسافة	٤١ر٤	٦٤ر٣	٩٠	١١٥ر٧	١٣٨ر٦
١٢٠	اتجاه	٣٣ر٧	٥٠ر٢	٦٣ر٤	٨٠ر٠	١١٦ر٦
	مسافة	٥١ر٣	٧٧ر٥	١٠٤ر٥	١٣٠ر٥	١٥١ر١
١٥٠	اتجاه	١٧ر٠	٢٥ر٦	٢٣ر٥	٤٧ر٣	١٠٣ر١
	مسافة	٥٧ر٨	٨٦ر٧	١١٥ر٧	١٤٣ر٩	١٦٥ر١

يتم توقيع النقط إما بطريقة الاتجاه والمسافة وإما بعد تحويلها إلى احداثيات متعامدة بالطريقة المستخدمة فى الحالة الاستوائية ونحصل على الهيكل الجغرافى المشابه لشكل ٧٩ .

المساقط الاتجاهية
باستخدام الابعاد والاتجاهات على سطح الأرض

يمكن رسم المساقط الاتجاهية التى سبق دراستها وهى المركزى والاستريوجرافى والاورثوجرافى وبالأخص الحالات الاستوائية والمنحرفة منها وذلك بعد حساب الأبعاد والاتجاهات من مركز الخريطة إلى باقى النقط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافى .

وفى هذه الحالة تكون عملية الاسقاط مشابهة تماما للحالة القطبية .

المسقط المركزى

بالرجوع إلى شكل ٤٣ فى المسقط المركزى القطبي نجد أن نقطة ا على سطح الأرض تسقط إلى ا" على سطح الخريطة ويكون بعد ا" عن مركز الخريطة مساويا لق ظا ﻫ م ا أى لق ظا (المسافة مقدرة بالدرجات)

وبتطبيق تلك القاعدة فى الحالة الاستوائيه وأيضا فى الحالة المنحرفة نحصل على الهيكل الجغرافى المطلوب .

المسقط المركزى الاستوائى

مثـــال :

مسقط مركزى استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

مقياس الرسم ١ : ١٠٠ مليون

نق = ٦٫٣٧ سم

سبق الحصول على قائمة الأبعاد والاتجاهات من مركز الخريطة إلى باقى نقط الهيكل الجغرافى وذلك فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات الاستوائى . والمبينة كالآتى :

الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

عرض / طول	٣٠°		٦٠°	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠°	٤٠٫٨٩٣°	٤١٫٤١٠°	١٦٫١٠٢°	٦٤٫٣٤١°
٦٠	٥٦٫٣١٠	٦٤٫٣٤١	٧٦٫٥٦٥	٧٥٫٥٢٢

ونكتفى بهذه الحدود إذ أن المسقط المركزى لايصل إلى مسافة ٩٠° عن مركز الخريطة .

وتصبح المسافات على الخريطة كما فى الجدول الآتى حيث :

المسافة على الخريطة (سم) = نق (سم) × ظا (للمسافة على الأرض بالدرجات)

الاتجاهات والمسافات على الخريطة

عرض / طول	٣٠°		٦٠°	
	اتجاه	نق ظا المسافة	اتجاه	نق ظا المسافة
٣٠°	٤٠٫٨٩٣°	نق ظا ١٠٫٤١٤° = ٥٫٦١٧ سم	١٦٫١٠٢°	نق ظا ٦٤٫٣٤١ = ١٣٫٢٥٩ سم
٦٠°	٥٦٫٣١٠°	نق ظا ٦٤٫٣٤١ = ١٣٫٢٥٩ سم	٢٦٫٥٦٥	نق ظا ٧٥٫٥٢٢ = ٢٤٫٦٧٠ سم

وبتحويل الاتجاهات والمسافات على الخريطة إلى احداثيـــات متعامدة

س ، ص حيث س = المسافة × جا (الاتجاه)

ص = المسافة × جتا (الاتجاه)

عرض / طول	٣٠		٦٠°	
	س (سم)	ص (سم)	س	ص
٣٠	٣٫٦٧٨	٤٫٢٤٧	٣٫٦٧٨	١٢٫٧٣٩
٦٠	١١٫٠٣٣	٧٫٣٥٥	١١٫٠٣٣	٢٢٫٠٦٦

المسقط المركزى المنحرف

مثـــال :

مسقط مركزى منحرف مركزه عنـــد الموقع (عرض ٦٠° شمال ، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

والمقياس ١ : ٥٠ مليون

نق = ١٢٫٧٤ سم

وسبق الحصول على قائمة بالمسافات والإتجاهات من مركز الخريطة الى باقى نقط الهيكل الجغرافى وذلك فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات المنحرف والمبينة كالآتى :

الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

طول / عرض		٦٠	٣٠°	صفر
صفر°	اتجاه مسافة	صفر° صفر°	١٨٠° ٣٠°	١٨٠° ٦٠°
٣٠°	اتجاه مسافة	٧٦٫٩ ١٤٫٩	١٣٢٫٧ ٣٦٫١	١٤٦٫٣ ٦٤٫٣
٦٠°	اتجاه مسافة	٦٣٫٤ ٢٨٫٩	٩٩٫٥ ٤٩٫٥	١١٦٫٦ ٧٥٫٥

وتصبح الاتجاهات والمسافات على الخريطة كما فى الجدول الآتى :

حيث المسافة على الخريطة بالسنتيمترات

= نق (سم)× ظا (المسافة على الأرض بالدرجات)

الاتجاهات والمسافات على الخريطة

طول / عرض		٦٠	٣٠	صفر
صفر	اتجاه	صفر	١٨٠	١٨٠
	مسافة سم	صفر	٧ر٣٥٥	٢٢ر٠٦٦
٣٠	اتجاه	٧٦ر٩	١٣٢ر٧	١٤٦ر٣
	مسافة سم	٣ر٣٩٠	٩ر٢٩٠	٢٦ر٤٧٢
٦٠	اتجاه	٦٣ر٤	٩٩ر٥	١١٦ر٦
	مسافة سم	٧ر٠٣٣	١٤ر٩١٧	٤٩ر٢٦٢

وبتحويل الاتجاهات والمسافات الى احداثيات متعامدة نحصل على جدول الاحداثيات الآتى :

طول / عرض		٦٠	٣٠	صفر
صفر	س (سم)	صفر	صفر	صفر
	ص (سم)	صفر	—٧ر٣٥٥	—٢٢ر٠٦٦
٣٠	س	٣ر٣٠٢	٦ر٨٢٧	١٤ر٦٨٨
	ص	٠ر٧٦٨	—٦ر٣٠٠	—٢٢ر٠٦٣
٦٠	س	٦ر٢٨٩	—١٤ر٧١٢	—٤٤ر٠٤٨
	ص	٣ر١٤٩	—٢ر٤٠٢	—٢٢ر٠٦٥

المسقط الاستريوجرافى

بالرجوع إلى شكل ٥٦ فى المسقط الاستريوجرافى القطبى نجد أن نقطة ١ على سطح الأرض تسقط الى ١َ على سطح الخريطة ويكون بعد ١َ عن مركز الخريطة مساوياً

٢ نق ظا $\frac{\widehat{\text{ب م ا}}}{٢}$ = ٢ نق ظا (نصف المسافة مقدرة بالدرجات)

المسقط الاستريوجرافى الاستوائى

مثال :

مسقط استريوجرافى استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠°

مقياس الرسم ١ : ١٠٠ مليون

نق = ٦٫٣٧ سم

وقائمة الاتجاهات والمسافات هى نفسها المبينة فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات الاستوائى وأيضا فى مثال المسقط المركزى الاستوائى باستخدام الأبعاد والاتجاهات والمبينة فى الجدول الآتى :

الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

عرض / طول	٣٠		٦٠		٩٠	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠	٤٠٫٨٩٣	٤١٫٤١٠°	١٦٫١٠٢°	٦٤٫٣٤١°	٠٠٠°	٩٠°
٦٠	٥٦٫٣١٠	٦٤٫٣٤١	٢٦٫٥٦٥	٧٥٫٥٢٢		
٩٠	٦٠	٩٠	٣٠	٩٠		

وتصبح الاتجاهات والمسافات على الخريطة كما هو فى الجدول الآتى :

حيث المسافة على الخريطة بالسنتيمترات

= ٢ نق (سم) × ظا (نصف المسافة على الأرض بالدرجات)

عرض / طول	٣٠		٦٠		٩٠	
	اتجاه	مسافة سم	اتجاه	مسافة سم	اتجاه	مسافة سم
٣٠	°٤٠ر٨٩٢	٤ر٨١٥	°١٦ر١٠٢	٨ر٠١٤	°٠٠	١٢ر٧٤٠
٦٠	٥٦ر٣١٠	٨ر٠١٤	٣٦ر٥٦٥	٩ر٨٦٨		
٩٠	٦٠	١٢ر٧٤٠	٣٠	١٢ر٧٤٠		

وفى النهاية يتم تحويل الإتجاهات والمسافات الى احداثيات متعامدة س، ص بنفس القواعد السابقة .

المسقط الاستريوجرافى المنحرف

مثـال :

مسقط استريوجرافى منحرف مركزه عند الموقع (عرض ٦٠ ° شمال ، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° ـ والمقياس ١ : ٥٠ مليون

نق = ١٢ر٧٤ سم

وبتحويل المسافات على سطح الأرض الى المسافات على الخريطة بالعلاقة

المسافة على الخريطة = ٢ نق ظا (نصف المسافة على الأرض) نحصل الجدول الآتى :

طول \ عرض		٦٠ ش	٣٠ ش	صفر
٣٠	اتجاه (°)	٧٦ر٩	١٣٢ر٧	١٤٦ر٣
	مسافة (سم)	٣ر٣٠٢	٨ر٣٠٤	١٦ر٠١٥
٦٠	اتجاه	٦٣ر٤	٩٩ر٥	١١٦ر٦
	مسافة	٦ر٥٦٦	١١ر٨٥٤	١٩ر٧٢٩
٩٠	اتجاه	٤٩ر١	٧٣ر٩	٩٠
	مسافة	٩ر٦٢٨	١٦ر٠١٥	٢٥ر٤٨٠
١٢٠	اتجاه	٣٣ر٧	٥٠ر٢	٦٣ر٤
	مسافة	١٢ر٢٣٥	٢٠ر٤٥٠	٣٢ر٩٠٨

المسقط الأورثوجرافى

عند إنشاء المسقط الأورثوجرافى القطبي سقطت كل نقطة من سطح الأرض إلى سطح الخريطه بحيث كان بعدها عن مركز الخريطة = نق جتا (العرض) = نق جتا (٩٠ - البعد القطبي) = نق جا البعد القطبي

وعلى ذلك يمكن تشكيل أى مسقط أورثوجرافى بتحويل المسافات الارضية إلى المسافات على الخريطة بالقاعدة الآتية :

المسافة على الخريطة = نق × جا (المسافة على الأرض)

المسقط الأورثوجرافى الاستوائى

مثـــال : مسقط أورثوجرافى استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش والمقياس ١ : ١٠٠ مليون

يعطى الجدول الآتى الاتجاهات والمسافات على الخريطة حيث :

المسافة على الخريطة (سم) = ٦ر٣٧٠ × جا (المسافة على الأرض)

طول \ عرض	٣٠		٦٠	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠	٤٠ر٨٩٣	٤ر٢١٣	١٦ر١٠٢	٥ر٧٤٢
٦٠	٥٦ر٣١٠	٥ر٧٤٢	٢١ر٥٦٥	٩ر١٦٨
٩٠	٦٠	٦ر٣٧٠	٣٠	٩ر٣٧

المسقط الأورثوجرافى المنحرف

مثـــال: مسقط أورثوجرافى منحرف مركزه عند الموقع (عرض ٦٠° شمالا، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول كل ٣٠°

والمقياس ١ : ٥٠ مليون

يعطى الجدول الآتى الاتجاهات والمسافات على الخريطة حيث

المسافة على الخريطة (سم) = ١٢ر٧٤ × جا (المسافة على الأرض)

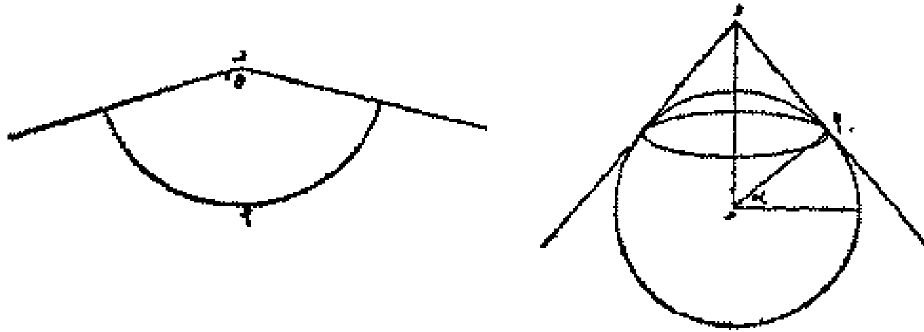
عرض / طول		٦٠ ش	٣٠ ش	صفر	٣٠ ج
صفر	اتجاه	صفر°	١٨٠°	١٨٠°	١٨٠°
	مسافة (مم)	صفر	٦ر٣٠	١١ر٠٢٣	١٢ر٧٤
٣٠	اتجاه	٧٦ر٩	١٢٢ر٧	١٤٦ر٣	
	مسافة	٣ر٢٧٦	٧ر٥٠٦	١١ر٤٨٠	
٦٠	اتجاه	٦٣ر٤°	٩٩ر٥°	١١٦ر٦	
	مسافة	٦ر١٥٧	٩ر٦٨٨	١٢ر٢٣٤	
٩٠	اتجاه	٤٩ر١	٧٣ر٩	٩٠	
	مسافة	٨ر٤٢٥	١١ر٤٨٠	١٢ر٧٤٠	
١٢٠	اتجاه	٣٣ر٧	٥٠ر٣		
	مسافة	٩ر٩٤٣	١٢ر٤٣٨		
١٥٠	اتجاه	١٧ر٠	٢٥ر٦		
	مسافة	١٠ر٧٨١	١٢ر٧١٩		

الباب التاسع

المساقط المخروطية

فى هذه المجموعة من المساقط نبدأ بمخروط يمس سطح الأرض حول دائرة غالباً ماتكون دائرة عرض .

بعد قطع المخروط عند راسم منه وبعد فرده حتى يتخذ شكل السطح المستوى الذى هو سطح الخريطة ، تظهر دائرة عرض التماس قوساً من دائرة مركزها هو رأس المخروط ونصف قطرهـــا هو طول الراسم من رأس المخروط إلى موضع التماس .



شكل ٨٤

يكون أيضا طول القوس على المسقط الذى يمثل دائرة عرض التماس مساويا للطول الحقيقى لمحيط هذه الدائرة على سطح الأرض .

وبعد ذلك تتكون المساقط المخروطية بأساليب متنوعة تحقق خصائص وشروط معينة.

الخصائص الهندسية العامة للمساقط المخروطية

إذا كانت (ر) هي رأس المخروط في شكل ٨٤ وكانت (ا) نقطة على دائرة عرض التماس، وقيمة زاوية عرضها α وكانت (م) مركز الكرة الأرضية .

ا — نصف قطر دائرة عرض التماس على المسقط

واضح أن نصف القطر هو ر ا

من المثلث م ا ر الذى فيه زاوية م ا ر قائمة وزاوية ر م ا = ٩٠° — α

ر ا = م ا × ظتا α = نق ظتا α

ب — ثابت المخروط

إذا كانت θ هى قيمة الزاوية المستوية عند النقطة ر عندما يتخذ المخروط الشكل المستوى وهى الزاوية المركزية المقابلة للقوس الذى يمثل دائرة عرض التماس فعندئذ تمثل الزاوية θ جميع زوايا الطول وقيمتها ٣٦٠°

وتسمى النسبة بين زوايا الطول على الخريطة وزوايا الطول على الأرض بثابت المخروط .

ثابت المخروط = $\frac{\theta}{٣٦٠}$

وثابت المخروط هو أيضا النسبة بين أى زاوية طول على الخريطة والزاوية المناظرة على الأرض .

طول قوس دائرة عرض التماس على المسقط يساوى طول محيط هذه الدائرة على سطح الأرض

$$\text{ر ا} \times \theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} = ٢\ \text{ط نق جتا}\ \alpha$$

$$\text{نق ظتا}\ \alpha \times \theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} = ٢\ \text{ط نق جتا}\ \alpha$$

$$\frac{\theta}{٣٦٠} = \frac{\text{جتا}\ \alpha}{\text{ظتا}\ \alpha} = \text{جا}\ \alpha$$

أى أن ثابت المخروط = جيب زاوية عرض التماس

استخدامات المساقط المخروطية :

لما كانت دائرة عرض التماس تظهر على المسقط مساوية فى طولها الطول الحقيق على سطح الأرض ، تستخدم المساقط المخروطية لتمثيل مناطق من سطح الأرض تمتد امتدادا كبيرا مع درجات الطول وامتدادا صغيرا نسبيا مع درجات العرض.

ويؤخذ مخروط التماس بحيث يمس سطح الأرض عند دائرة عرض تتوسط المنطقة المطلوب بيانها على الخريطة .

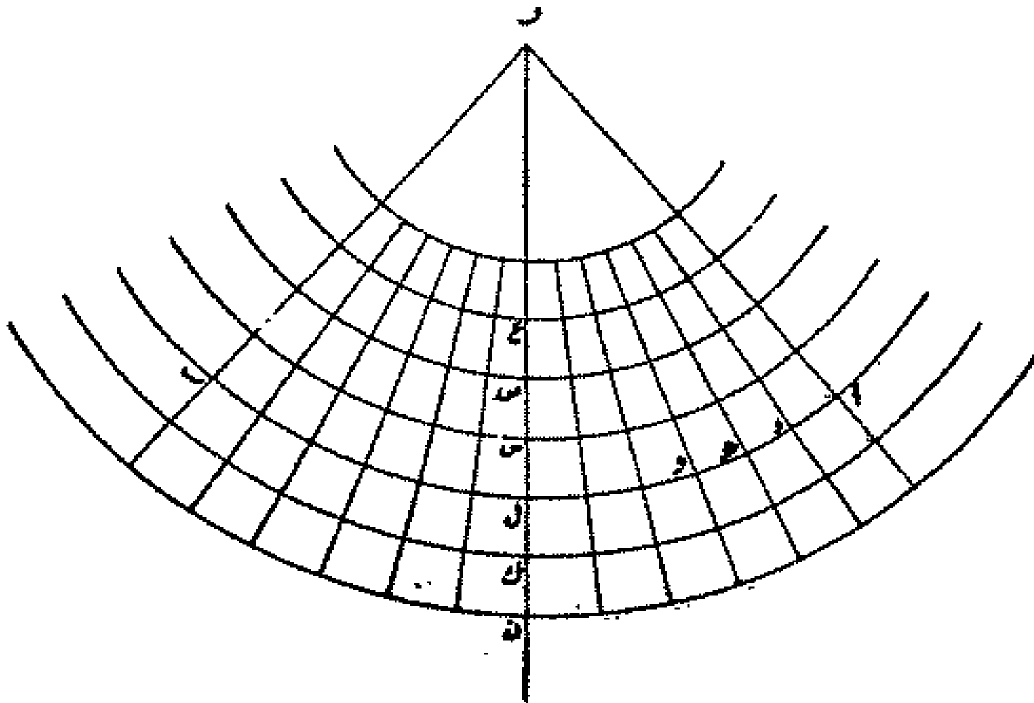
يسمى عرض دائرة التماس بالعرض الرئيسى ويرمز له بالرمز α .

١ — المسقط المخروطى البسيط

طريقة الإنشاء

نفرض أن قيمة العرض الرئيسى α

١ — نأخذ نقطة مثل ر تمثل رأس المخروط



شكل ٨٥

٢ ـ إذا كان المسقط يمثل أى عـــدد آخر من الدرجات الطولية λ فترسم الزاوية θ = λ جا ه

فى جميع الحالات يكون منصف الزاوية θ رأسيا على لوحة الإسقاط وتسمى منصف الزاوية θ خط الطول الأوسط .

٣ ـ يرسم قوس دائرة العرض الرئيسى مركزه نقطـــة رأس المخروط ر ونصف قطره يساوى ظتا ه ليقابل ضلعى الزاوية θ فى النقطتين ! ، ب .

٤ ـ يقسم القوس ! ب إلى عدد من الأقسام المتساوية فى النقط د ، هـ ، و ...
ونصل تلك النقط مع نقطة الرأس ر لتكون خطوط الطول المطلوبة .

٥ ـ على خط الطول الأوسط ر ل تأخذ المسافات ل س ، ل ص ، ل ع ، ...

تساوى الأبعاد الحقيقية على السطح الكروى للأرض بين دوائر العرض المختلفة ودائرة العرض الرئيسى .

٦ ـ ترسم دوائر العرض بحيث يكون مركزها عند نقطة الرأس ر وتمر فى النقط س ، ص ، ع ، ...

ملحوظات

١ ـ القطب يظهر على شكل قوس دائرة وليس نقطة .

٢ ـ خطوط الطول على المسقط وهى خطوط مستقيمة تساوى فى أطوالها خطوط الطول الأصلية على سطح الأرض .

ويعبر عن تلك الخاصية بأن المقياس على خطوط الطول يكون صحيحا .

٣ ـ خط العرض الرئيسى يساوى فى طوله دائرة العرض الرئيسى على سطح الأرض أى أن المقياس يكون صحيحا على خط العرض الرئيسى .

٤ ـ خطوط العرض الأخرى بخلاف خط العرض الرئيسى تكون أطول من نظيراتها على سطح الأرض .

مثـال

مسقط مخروطى بسيط بمقياس ١ : ٥٠ مليون وفيه العرض الرئيسى ٥٠° شمال ويمتد بين خطى الطول ٢٠° شرق ، ١٢٠° شرق.

زاوية الطول المطلوب تمثيلها على الخريطة = ١٢٠ — ٢٠ = ١٠٠°

ثابت المخروط = جا ٥٠° = ٠٫٧٦٦٠٤

قيمة زاوية الرأس فى المسقط = ١٠٠ × ٧٦٦٠٤ر = ٧٦ر٦٠٤°

نصف قطر دائرة العرض الرئيسى على المسقط = نق ظتا ٥٠

$$= \frac{٦٣٧٠ \times ١٠٠٠٠٠ \times \text{ظتا } ٥٠}{٥٠٠٠٠٠٠٠} = ١٠١٠ر٦٩٠١ \text{ سم}$$

المسافة القوسية على سطح الأرض التى تمثل ١٠° عرضية

$$= ١٠ \times \frac{ط}{١٨٠} \times \text{نق} = ٢ر٢٢٣٥ \text{ سم}$$

نصف قطر دائرة العرض ٦٠° على المسقط = ١٠ر٦٩٠١ — ٢ر٢٢٣٥

= ٨ر٤٦٦٦ سم

» » ٧٠ » » » » = ٨ر٦٦٦ — ٢ر٢٢٣٥

= ٦ر٢٤٣١ سم

» » ٨٠ » » » » = ٦ر٢٤٣١ — ٢ر٢٢٣٥

= ٤ر٠١٩٦ سم

» » ٤٠ » » » » = ١٠ر٦٩٠١ + ٢ر٢٢٣٥

= ١٢ر٩١٣٦ سم

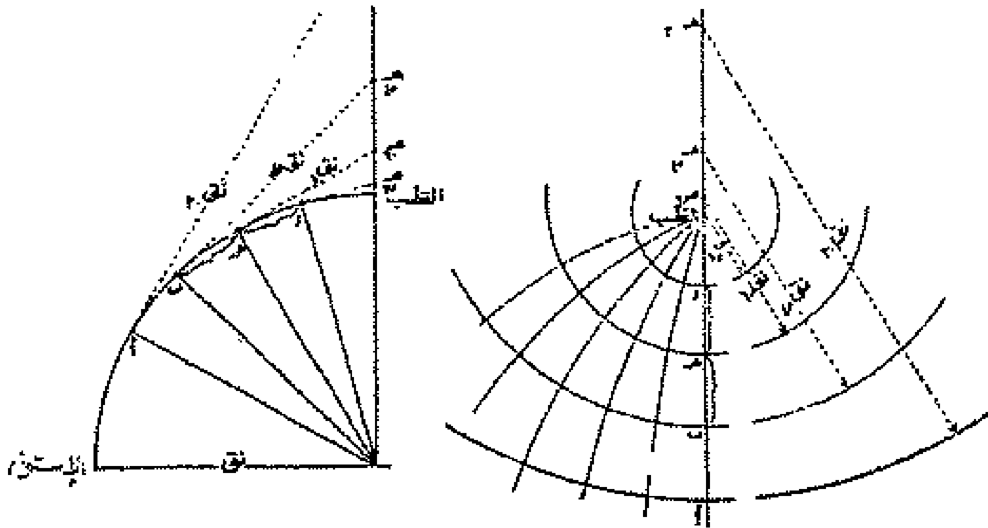
» » ٣٠ » » » » = ١٢ر٩١٣٦ — ٢ر٢٢٣٥

= ١٥ر١٣٧١ سم

٢ — المسقط متعدد المخاريط

يرسم هذا المسقط مكونا من مجموعة متعددة من المساقط المخروطية البسيطة كل واحد منها يختص بدائرة عرض .

طريقة الإنشاء



شكل ٨٦

١ — يرسم خط رأسي يمثل خط الطول الأوسط .

٢ — توقع على هذا الخط النقط ا ، ب ، حـ ، ... على أبعاد متساوية من بعضها لتمثل تقاطعات دوائر العرض المختلفة وبحيث تكون المسافة بين كل نقطتين منها مساوية المسافة القوسية على سطح الأرض بين دائرتى العرض المناظرتين .

٣ — ترسم دوائر العرض التى تمر بالنقط ا ، ب ، حـ ، ... بعد إيجاد مواقع مراكزها على خط الطول الأوسط وبحيث يبعد مركز كل دائرة عن النقطة المناظرة بمسافة تساوى نق ظتا (زاوية العرض) .

(فى شكل ٨٦ ا م٣٠ = نق ظتا ٣٠° ، ب م٤٥ = نق ظتا ٤٥° ، ...)

٤ — من كل من النقط التى تحدد مواقع مراكز دوائر العرض أى م٣٠ ، م٤٥ ، م٦٠ ، .. ترسم زوايا الطول λ̄ = λ حا (زاوية العرض)

فتقابل أضلاع الزاوية القوس المقابل لها و النقطتين اللتين تحددان نهايتي خط العرض

٥ — يقسم كل قوس دائرة عرض على حدة إلى أقسام متساوية .

٦ — نصل بين نقط تقسيم أقواس دوائر العرض لنحصل على خطوط الطول .

<u>مثـال :</u>

مسقط متعدد المخاريط بمقياس ١ : ١٠ مليون يمثل ١٢٠° طولية .

٥° عرضية مقاسة على خط الطول الأوسط = ٥ × $\frac{ط}{١٨٠}$ × نق

= ٥ر٥٥٨٩ سم

نق$_{٣٥}$ = نق ظتا ٣٥° = ٩٠ر٩٧٣٠ سم

$θ_{٣٥}$ = ١٢٠° جا ٣٥ = ٦٨ر٨٢٩٢°

نق$_{٤٠}$ = نق ظتا ٤٠ = ٧٥ر٩١٤٧ سم

$θ_{٤٠}$ = ١٢٠ جا ٤٠ = ٧٧ر١٣٤٥°

نق$_{٤٥}$ = نق ظتا ٤٥ = ٦٣ر٧٠٠٠ سم

$θ_{٤٥}$ = ١٢٠ جا ٤٥ = ٨٤ر٨٥٢٨°

نق$_{٥٠}$ = نق ظتا ٥٠ = ٥٣ر٥٠٠٦ سم

$θ_{٥٠}$ = ١٢٠ جا ٥٠ = ٩١ر٩٢٥٣°

نق$_{٥٥}$ = نق ظتا ٥٥ = ٤٤ر٦٠٣٢ سم

$θ_{٥٥}$ = ١٢٠ جا ٥٥ = ٩٨ر٢٩٨٢°

٣ ـ المسقط المخروطي بعرضين رئيسيين

هذا المسقط يشبه المسقط المخروطي البسيط في طريقة الانشاء ، إلا أنه يعتمد على مخروط افتراضي يحقق الشرطين الآتيين :

أولا : قوسان من دوائر العرض المرسومة من رأس المخروط كمركز ، يساويان في طوليهما دائرتين من دوائر العرض مثل α ، β .

ثانيا : طول راسم المخروط بين القوسين α ، β يساوي طول المسافة القوسية على سطح الأرض بين دائرتي العرض α ، .

ويطلق على α ، β اسم العرضين الرئيسيين .

الخصائص الهندسية للمسقط

شكل (٨٧)

نقα هو نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسي α على المسقط ،

نقβ « « « β « « « « « « « ،

θ هى الزاوية المركزية عند رأس المخروط

طول قوس العرض α على المسقط = محيط دائرة العرض α على سطح الأرض

$$\theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{نق}_{\alpha} = ٢\ \text{ط نق جتا}\ \alpha \qquad (١)$$

كذلك

$$\theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{نق}_{\beta} = ٢\ \text{ط نق جتا}\ \beta \qquad (٢)$$

المسافة بين القوسين على المسقط = المسافة القوسية بين دائرتى العرض α ، β على سطح الأرض

$$\text{نق}_{\alpha} - \text{نق}_{\beta} = \text{نق}\ (\beta - \alpha) \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \qquad (٣)$$

وبطرح المعادلة (٢) من المعادلة (١)

$$\theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times (\text{نق}_{\alpha} - \text{نق}_{\beta}) = ٢\ \text{ط نق}\ (\text{جتا}\ \alpha - \text{جتا}\ \beta)$$

أى

$$\text{نق}_{\alpha} - \text{نق}_{\beta} = \frac{٣٦٠}{\theta}\ \text{نق}\ (\text{جتا}\ \alpha - \text{جتا}\ \beta) \qquad (٤)$$

ومن المعادلتين (٣) ، (٤) ينتج ان

$$\text{نق}\ (\beta - \alpha) \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} = \frac{٣٦٠}{\theta}\ (\text{جتا}\ \alpha - \text{جتا}\ \beta)$$

ث = ثابت المخروط = $\frac{ق}{٣٦٠} = \frac{جتا\ \alpha - جتا\ \beta}{(\alpha - \beta)} \times \frac{١٨٠}{ط}$

ومن المعادلة (١) نق$_\alpha$ = $\frac{نق\ جتا\ \alpha}{ث}$

« « (٢) نق$_\beta$ = $\frac{نق\ جتا\ \beta}{ث}$

وتقع دوائر العرض الاخرى بحيث تبعـــد عن العرض الرئيسى α أو β بمسافة تساوى المسافة القوسية المناظرة على سطح الارض .

نق$_\phi$ = $\frac{نق\ جتا\ \alpha}{ث} + (\phi - \alpha) \times \frac{ط}{١٨٠} \times نق$

<u>طريقـة الإنشاء</u>

يرسم بنفس الطريقة المتبعـــة فى رسم المسقط المخروطى البسيط وذلك بعـد تحديد الخصائص الهندسية للمخروط المطلوب .

<u>مثال :</u>

مسقط مخروطى بعرضين رئيسيين ٦٠° ، ٧٥° شمال بمقياس ١ : ٢٠ مليون يمثل ١٥٠° طولية

نق = ٣١٫٨٥ سم

$$ث = \text{ثابت المخروط} = \frac{\text{جتا } ٦٠ - \text{جتا } ٧٥}{(٧٥ - ٦٠)} \times \frac{١٨٠}{ط} = ٠٫٩٢١٢٤$$

الزاوية المركزية عند رأس المخروط = ١٥٠° × ث = ١٣٨٫١٨°

$$نق_{٦٠} = \frac{\text{نق جتا } ٦٠}{ث} = ١٧٫٢٨٦٥ \text{ سم}$$

$$نق_{٧٥} = \frac{\text{نق جتا } ٧٥}{ث} = ٨٫٩٤٧١ \text{ سم}$$

المسافة القوسية على سطح الأرض التى تقابل ٥° عرضيه

$$= ٥ \times \frac{ط}{١٨٠} \times نق = ٢٫٧٧٩٤ \text{ سم}$$

$$نق_{٥٥} = ١٧٫٢٨٦٥ + ٢٫٧٧٩٤ = ٢٠٫٠٦٥٩ \text{ سم}$$

$$نق_{٥٠} = ٢٠٫٠٦٥٩ + ٢٫٧٧٩٤ = ٢٢٫٨٤٥٣ \text{ سم}$$

$$نق_{٦٥} = ١٧٫٢٨\ ٥ - ٢٫٧٧٩٤ = ١٤٫٥٠٧١ \text{ سم}$$

$$نق_{٧٠} = ١٤٫٥٠٧١ - ٢٫٧٧٩٤ = ١١٫٧٢٧٧ \text{ سم}$$

$$نق_{٨٠} = ٨٫٩٤٨١ - ٢٫٧٧٩٤ = ٦٫١٢٦٨٧ \text{ سم}$$

المقياس على المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين :

على المسقط المخروطى البسيط يحتفظ قوس العرض الرئيسى بالمقياس صحيحا ـ أما باقى خطوط العرض فالقياس يأخذ فى الكبر كلما ابتعدنا عن العرض الرئيسى .

اما على المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين وباختيار العرضين الرئيسيين داخل المنطقة المطلوب تمثيلها على المسقط فإن المقياس لا يتغير كثيرا داخل نطاق الخريطة . وعادة يتم اختيار العرضين الرئيسيين بحيث يبعد كل منهما عن العرض المحدد للخريطة بمقدار ⅙ الاتساع العرضى للخريطة . وقد تتغير تلك القاعدة حسب شكل المنطقة المطلوب تمثيلها على الخريطة .

مثال لذلك خريطة تمتد من العرض ٤٠° شمال الى العرض ٦٥ شمال

أى أن الاتساع العرضى ٢٥° . (٢٥ ÷ ٦ = ٤ تقريبا)

العرض الرئيسى الأول = ٤٠ + ٤ = ٤٤° شمال

« « الثانى = ٦٥ — ٤ = ٦١° «

ويمكن إختيار العرضين ٤٥° ، ٦٠° كعرضين رئيسيين دون أن يؤثر ذلك على المقياس على الخريطة .

٤ ـ المساقط المخروطية متساوية المساحات

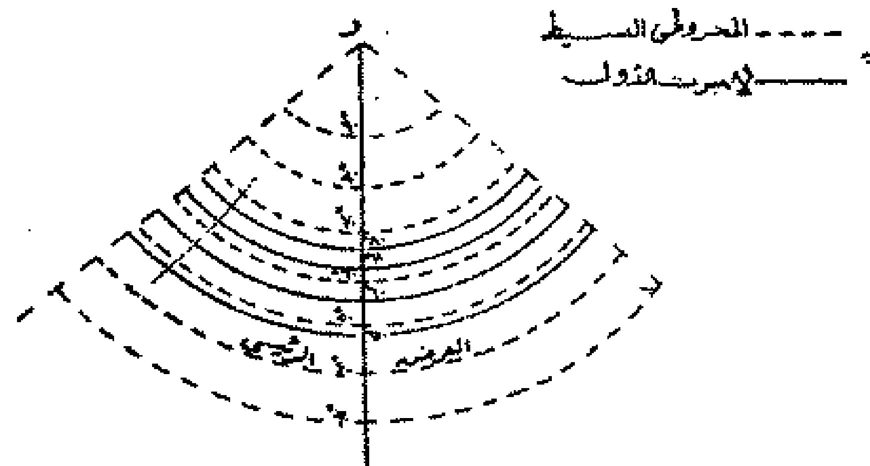
المساقط المخروطية الثلاثة السابقة تعطى مساحات على سطح الخريطة أكبر من المساحات المناظرة على سطح الأرض .

ولإنشاء مسقط مخروطي متساوي المساحات يتبع إحدى الطرق الثلاثة الآتية :

الطريقة الأولى

نبدأ بمخروط التماس الذي يحدد قيمة زاوية الرأس كما يحدد قيمة نصف قطر دائرة العرض الرئيسي .

ثم تعدل المسافات بين أقواس العرض وتصبح غير مساوية للمسافات الأصلية على سطح الأرض ولكن بحيث تكون المساحة على الخريطة مساوية المساحة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٨٨

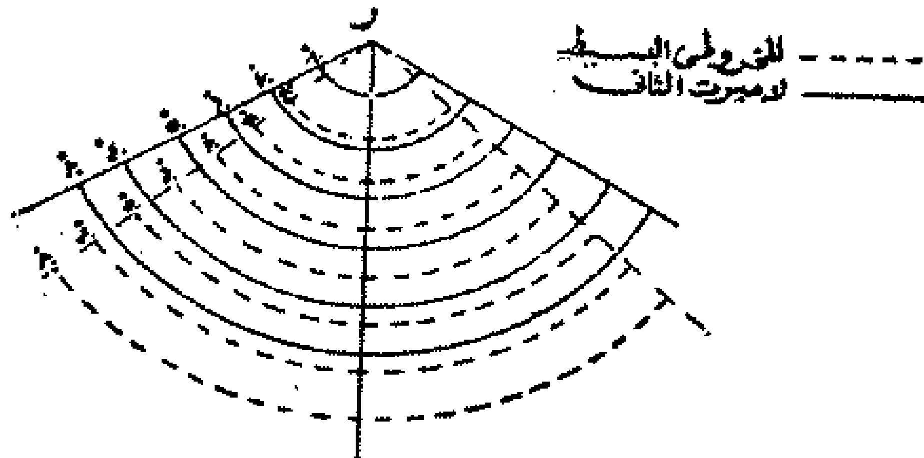
ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات (الحالة الأولى) .

الطريقة الثانية

يتم اختيار مخروط افتراضي مخالف لمخروط التماس بحيث يعطي طولا

لقوس دائرة العرض الرئيسى مساوياً لنظيره على سطح الأرض وأيضاً تكون المساحة على المسقط للقطاع الدائرى الذى مركزه رأس المخروط وقوس دائرته هو العرض الرئيسى مساوية للمساحة على سطح الأرض للطاقية الكروية التى يحدها العرض الرئيسى . كما ترسم دوائر العرض الأخرى محققة لخاصية المساحات المتساوية .

فى هذه الطريقة تكون زاوية رأس المخروط الافتراضى أكبر من زاوية رأس مخروط التماس ولكن يكون نصف قطر دائرة العرض الرئيسى فى المخروط الافتراضى أصغر من نصف قطر دائرة العرض الرئيسى فى مخروط التماس .

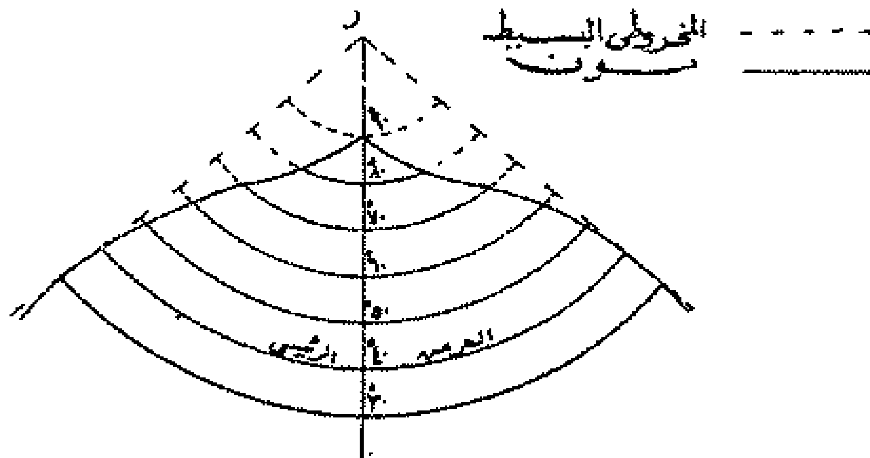


شكل ٨٩

ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات (الحالة الثانية)

الطـــريقة الثـالثة

في هذه الطريقة تتم الخطوات المتبعة في رسم المسقط المخـــروطي البسيط والخاصة بتحديد نهاية أنصاف أقطار دوائر العرض ثم تعدل أطـوال أقواس دوائر العرض حتى تصبح مساوية لأطوالها الحقيقية على سطح الأرض وبذلك تكون المساحة على المسقط مساوية المساحة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٩٠

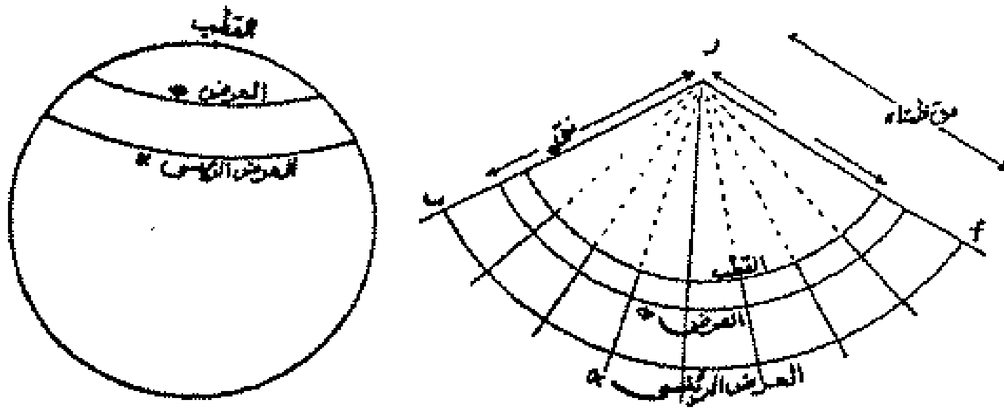
ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط بون

٥ — مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات

(الحالة الأولى)

طريقـــة الإنشاء

١ — نرسم خطا رأسيا يمثل خط الطول الأوسط ، ونأخذ عليه نقطة ر تمثل رأس المخروط .



شكل ٩١

٢ — ترسم ضلعى الزاوية θ بحيث ينصفها خــط الطول الأوسط . والزاوية θ تمثل عدد الدرجات الطولية المطلوب رسمها

$\theta = 360°$ حا α إذا كان المسقط يمثل ٣٦٠° طوليه .

$\theta = \lambda$ حا α إذا » » » $\lambda°$ طوليه.

٣ — ترسم دائرة العرض الرئيسى α من المركز ر بنصف قطر يساوى نق ظا α ليقابل ضلعى الزاوية θ فى النقطتين ا ، ب .

٤ — يقسم القوس ا ب إلى عـــدد من الأقسام المتساوية ونصل بين نقط التقسيم والنقطة ر نحصل على خطوط الطـول .

٥ — ترسم أقـواس دوائر العرض الأخـرى من المركز ر بحيث تكون المساحة على المسقط مساوية للمساحة المنـــاظرة على سطح الأرض . يتم إيجاد نصف قطر دائرة العرض φ كما يلى :

(أ) مساحة القطاع الدائري الذي مركزه ر وقوسه يمثل العرض الرئيسي

$$= \frac{1}{2}\,(\text{نق ظتا}\ \alpha)^{2} \times \theta \times \frac{\text{ط}}{180}$$

(ب) مساحة القطاع الدائري الذي مركزه ر وقوسه يمثل العرض φ

وقيمة نصف قطره $\text{نق}_{\varphi} = \frac{1}{2}\,\text{نق}_{\varphi}^{2} \times \theta \times \frac{\text{ط}}{180}$

(حـ) المساحة المحصورة بين القطاعين

$$= \frac{1}{2}\,\theta \times \frac{\text{ط}}{180}\,(\text{نق}^{2}\ \text{ظتا}^{2}\ \alpha - \text{نق}_{\varphi}^{2})$$

(د) المساحة المناظرة على سطح الأرض $= 2\ \text{ط}\ \text{نق}^{2}\,(\text{جا}\ \varphi - \text{جا}\ \alpha)$

(هـ) المساحة على المسقط تساوي المساحة على سطح الأرض

$$\theta \times \frac{\text{ط}}{360}\,(\text{نق}^{2}\ \text{ظتا}^{2}_{\alpha} - \text{نق}^{2}_{\varphi}) = 2\ \text{ط}\ \text{نق}^{2}\,(\text{جا}\ \varphi - \text{جا}\ \alpha)$$

$$\text{نق}_{\varphi}^{2} = \text{نق}^{2}\ \text{ظتا}^{2}\ \alpha - 2 \times \frac{360}{\theta}\ \text{نق}^{2}\,(\text{جا}\ \varphi - \text{جا}\ \alpha)$$

وبالتعويض عن $\frac{\theta}{360}$ بقيمة ثابت المخروط $= \text{جا}\ \alpha$

$$\text{نق}_{\varphi}^{2} = \text{نق}^{2}\left(\text{ظتا}^{2}\ \alpha + 2 - 2\,\frac{\text{جا}\ \varphi}{\text{جا}\ \alpha}\right)$$

$$\text{نق}_{\text{ه}} = \text{نق} \sqrt{\text{ظتا}^{٢}\,\alpha + ٢ - ٢\,\frac{\text{جا ه}}{\text{جا}\,\alpha}}$$

مثــال :

مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات (الحــالة الأولى) بمقياس ١ : ٢٥ مليون وفيه العرض الرئيسي ٥٥° شمال ويمثل ٨٠° طوليه

$$\text{نق} = ٢٥٫٤٨ \text{ سم}$$

$$\theta = ٨٠ \text{ جا } ٥٥ = ٦٥٫٥٢٢^{\circ}$$

$$\text{نق}_{٥٥} = \text{نق ظتا } ٥٥ = ١٧٫٨٤١٢ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{٦٠} = ٢٥٫٤٨ \sqrt{\text{ظتا}^{٢}\,٥٥ + ٢ - ٢\,\frac{\text{جا } ٦٠}{\text{جا } ٥٥}}$$

$$= ١٥٫٦٢٠٩ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{٦٥} = ٢٥٫٤٨ \sqrt{\text{ظتا}^{٢}\,٥٥ + ٢ - ٢\,\frac{\text{جا } ٦٥}{\text{جا } ٥٥}}$$

$$= ١٣٫٤٢٢٣ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{٥٠} = ٢٥٫٤٨ \sqrt{\text{ظتا}^{٢}\,٥٥ + ٢ - ٢\,\frac{\text{جا } ٥٠}{\text{جا } ٥٥}}$$

$$= ٢٠٫٠٦٢٣ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{١٠} = ٢٥,٤٨ \sqrt{\text{ظتا}^{٢}\,٥٥ + ٢ - ٢\,\frac{\text{حا}\,٤٥}{\text{حا}\,٥٥}}$$

$$= ٢٢,٢٦٩٢ \text{ سم}$$

٦ — مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات

(الحالة الثانية)

يعالج هذا المسقط التشويه الواضح في الحالة الأولى والذي يتزايد في خطوط العرض عند ابتعادها عن العرض الرئيسي حتى تظهر نقطـــة القطب على شكل قوس دائرة .

في هذا المسقط تؤخذ نقطة رأس المخروط لتمثل نقطة القطب ويتم اختيار مخروط يحقق الشرطين الآتيين :

ا — طول القوس الذي يمثل دائرة العرض الرئيسي يساوي طـــول هذه الدائرة على سطح الأرض .

ب — المساحة عـــلى المسقط من رأس المخروط إلى قوس دائرة العرض الرئيسي تساوي المساحة على سطح الأرض بين دائرة العرض الرئيسي والقطب .

هذان الشرطان يعطيان خصائص المخروط المطلوب

فإذا كانت زاوية الرأس ه ونصف قطر القوس المرسوم به دائرة العرض الرئيسي $\text{س}_{ه}$

يكون طول القوس الذى يمثل دائرة العرض الرئيسى على المسقط مساويا لمحيط دائرة العرض الرئيسى على سطح الارض

$$\theta \times \frac{\text{ط}}{\text{١٨٠}} \cdot \text{ق}_{\alpha} = \text{٢ ط ن جتا}\ \alpha$$

$$\text{ق}_{\alpha} = \frac{\text{٣٦٠}}{\theta}\ \text{ن جتا}\ \alpha \qquad (١)$$

وتكون المساحة من رأس المخروط إلى قوس دائرة العرض الرئيسى على المسقط مساوية للمساحة المناظرة على سطح الارض

$$\tfrac{1}{2}\,\text{ق}_{\alpha}^{2} \times \theta \times \frac{\text{ط}}{\text{١٨٠}} = \text{٢ ط ن}^{2}\,(\text{١} - \text{جا}\ \alpha)$$

$$\text{ق}_{\alpha}^{2} = \text{٢} \times \frac{\text{٣٦٠}}{\theta}\ \text{ن}^{2}\,(\text{١} - \text{جا}\ \alpha) \qquad (٢)$$

لإختصار المعادلتين (١)،(٢) تتخذ الرمز $x = 90^{\circ} - \alpha$ وتسمى زاوية x متمم العرض .

تصبح المعادلة (١)

$$\text{ق}_{\alpha} = \frac{\text{٣٦٠}}{\theta}\ \text{ن جا}\ x$$

$$= \frac{\text{٣٦٠}}{\theta}\ \text{ن} \times \text{٢ جا}\ \frac{x}{\text{٢}}\ \text{جتا}\ \frac{x}{\text{٢}} \qquad (٣)$$

وتصبح المعادلة (٢)

$$س^٢_\alpha = ٢ \times \frac{٣٦٠}{\theta} س^٢ (١ - جتا x)$$

$$= ٢ \times \frac{٣٦٠}{\theta} س^٢ \times ٢ جا^٢ \frac{x}{٢} \qquad (٤)$$

وبقسمة المعادلة (٤) على المعادلة (٣) ينتج

$$س_\alpha = ٢ س ظا \frac{x}{٢} \qquad (٥)$$

ومنها نجد أن ثابت المخروط $= \frac{\theta}{٣٦٠} = جتا^٢ \frac{x}{٢} \qquad (٦)$

ولإيجاد نصف قطر دائرة العرض ϕ نطبق شرط تساوى المساحات

$$\frac{١}{٢} نق^٢_\phi \times \theta \times \frac{ط}{١٨٠} = ٢ ط نق^٢ (١ - حا \phi)$$

وباستخدام الرمز $\psi = ٩٠° - \phi$ أى أن ψ تتمم ϕ نجد أن

$$نق^٢_\phi = \frac{٣٦٠}{\theta} \times ٤ نق^٢ حا^٢ \frac{\psi}{٢}$$

$$= ٤\ \text{نق}^{٢}\ \frac{\text{حا}^{٢}\ \frac{\psi}{٢}}{\text{حتا}^{٢}\ \frac{\psi}{٢}}$$

$$\text{ومنها}\ \text{نق}_{\psi} = ٢\ \text{نق}\ \text{حا}\ \frac{\psi}{٢}\ \text{قا}\ \frac{x}{٢}$$

طريقة الإنشاء

مماثلة تماما لباقي المساقط المخروطية

مثـــال

مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات (الحالة الثانية) بمقيـــاس ١ : ١٢٫٥ مليون وفيه العرض الرئيسي ٤٨° شمال والإتساع الطولي للمسقط ١٤٠°

نق = ٥٠٫٩٦ سم

متمم العرض الرئيسي = ٤٢°

$$\text{ثابت المخروط} = \text{جتا}^{٢}\ \frac{٤٢}{٢} = ٠٫٨٧١٥٧$$

زاوية الرأس = ١٤٠ × ٠٫٨٧١٥٧ = ١٢٢٫٠٢٠°

$$\text{نق}_{٤٨} = ٢\ \text{نق}\ \text{ظا}\ \frac{٤٢}{٢} = ٣٩٫١٢٢٤\ \text{سم}$$

$$\text{نق}_{٤٤} = ٢\ \text{نق}\ \text{حا}\ \frac{٤٦}{٢}\ \text{قا}\ \frac{٤٢}{٢} = ٤٢٫٦٥٦٥\ \text{سم}$$

$$\text{ق}_{٥٢} = ٢\ \text{نق حا}\ \frac{٢٨}{٢}\ \text{قا}\ \frac{٤٢}{٢} = ٣٥٫٥٤٢٦\ \text{سم}$$

٧ — مسقط بون المخروطي متساوي المساحات

يشبه هذا المسقط في طريقة إنشائه المسقط المخروطي البسيط ، فيما عدا أن الأقواس التي تمثل خطوط العرض لا تمتد بين ضلعي الزاوية المحددة للمسقط ، ولكن كل قوس على حدة يساوي في طوله طول دائرة العرض المناظرة له على سطح الأرض . بهـذا تكون المساحات على المسقط مساوية للمساحات على سطح الأرض.

إذا تتبعنا أحد خطي الطول المحددين للمسقط وهو الخط الذي يصل بين نقط نهايات أقواس دوائر العرض نجد أن شكله يكون منحنياً . وستأخذ باقي خطوط الطول أشكالا منحنية مشابهة .

يستخدم هذا المسقط في خرائط الأطلس وخرائط الحائط لتمثيل أوروبا ، آسيا ، أمريكا الشمالية واستراليا . كما يستخدم لتمثيل مناطق كبيرة متوسطة الموقع بين القطب والاستواء مثل الاتحاد السوفيتي .

يعطي مسقط بون صورة لشبكة خطوط الطول والعرض أقرب إلى الحقيقة من مسقطي لامبرت المخروطيين اللذين يظهران خطوط الطول على هيئة خطوط مستقيمة مع أن شكلها الحقيقي على الأرض يكون مستديرا .

طريقة الإنشاء

شكل ٩٢

١ — نرسم خطا رأسيا يمثل خط الطول الأوسط ونأخذ عليه نقطة ر تمثل رأس المخروط .

٢ — نرسم ضلعى الزاوية θ بحيث ينصفها خط الطول الأوسط .

والزاوية θ تمثل عدد الدرجات الطولية (λ) المطلوب تمثيلها

$\theta = \lambda$ حا α حيث α هو العرض الرئيسى

٣ - نرسم دائرة العرض الرئيسى ه من المركز ر بنصف قطر يساوى نق ظتا ه يقابل ضلعى الزاوية ه فى ر ، ب .

٤ - يقسم القوس ا ب إلى عدد من الأقسام المتساوية .

وتمثل نقط التقسيم تقاطعات خطوط الطول مع دائرة العرض الرئيسى .

٥ - من نقطة تقاطع خط الطول الأوسط مع دائرة العرض الرئيسى (ل) نأخذ المسافات ل س ، ل ص ، ل ع ، ... تساوى الأبعاد الحقيقية على سطح الأرض الكروى بين دوائر العرض المختلفة ودائرة العرض الرئيسى .

ومن المركز ر وبأنصاف أقطار تساوى ر س ، ر ص ، ر ع ، ... نرسم أقواس دوائر العرض .

٦ - نحدد تقسيمات كل قوس من دوائر العرض بحيث يكون طول القوس مساويا للطول الحقيقى لهذه الدائرة على سطح الأرض .

يتم هذا التحديد من العلاقة الرياضية السابق ذكرها كما يلى :

طول القوس على المسقط = الطول المناظر على سطح الأرض .

الزاوية عند مركز القوس × نصف القطر على المسقط
= الزاوية × نصف القطر على الأرض

$$ه^\circ \times نق_ه = \lambda \times نق\ جتا\ ه$$

$$ه^\circ = \frac{\lambda \times نق\ جتا\ ه}{نق_ه}$$

٧ - يقسم كل قوس يمثل دائرة عرض على حدة أقساما متساوية .

٨ - تصل نقط التقسيم المتناظرة نحصل على خط الطول .

مثال

مسقط برن بمقيـــاس ١ : ٧½ مليون وفيه العرض الرئيسى ٤٥° شمال والإتساع الطولى للمسقط ١٦٠°

ن = ٨٤٫٩٢٢٣ سم

ن٤٥ = ن ظتا ٤٥ = ٨٤٫٩٢٣٣ سم

ه٤٥ = ١٦٠ جا ٤٥ = ١١٣٫١٣٧°

٣° عرضية على سطح الارض = ٣ × ط / ١٨٠ × ن = ٤٫٤٤٧١ سم

ن٤٢ = ٨٤٫٩٢٣٣ + ٤٫٤٤٧١ = ٨٩٫ ٨٠٤ سم

ه٤٢ = (١٦٠ ن حتا ٤٢) / ٨٩٫٣٨٠٤ = ١١٢٫٩٨٧°

ن٣٩ = ٨٩٫٣٨٠٤ + ٤٫٤٤٧١ = ٩٣٫٨٢٧٥ سم

ه٣٩ = (١٦٠ ن حتا ٣٩) / ٩٣٫٨٢٧٥ = ١١٢٫٥٥٦°

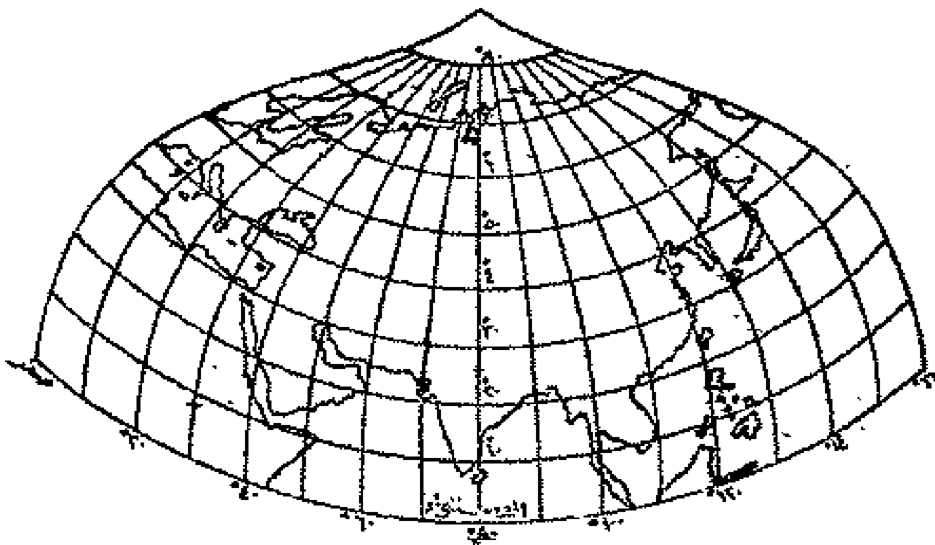
$$\text{ن}_{٤٨} = \text{٨٤٫٩٣٣٣} - \text{٤٫٤٤٧١} = \text{٨٠٫٤٨٦٢ سم}$$

$$\theta_{٤٨} = \frac{\text{١٦٠} \times \text{ن جتا ٤٨}}{\text{٨٠٫٤٨٦٢}} = \text{١١٢٫٩٧٦}^\circ$$

$$\text{ن}_{٥١} = \text{٨٠٫٤٨٦٢} - \text{٤٫٤٤٧١} = \text{٧٦٫٠٣٩١ سم}$$

$$\theta_{٥١} = \frac{\text{١٦٠} \times \text{ن جتا ٥١}}{\text{٧٦٫٠٣٩١}} = \text{١١٢٫٤٦٩}^\circ$$

ب



شكل ٩٣

قارة آسيا على مسقط بون . العرض الرئيسي ٤٠° شمال

٨ — المسقط المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين
أو
مسقط السبرز

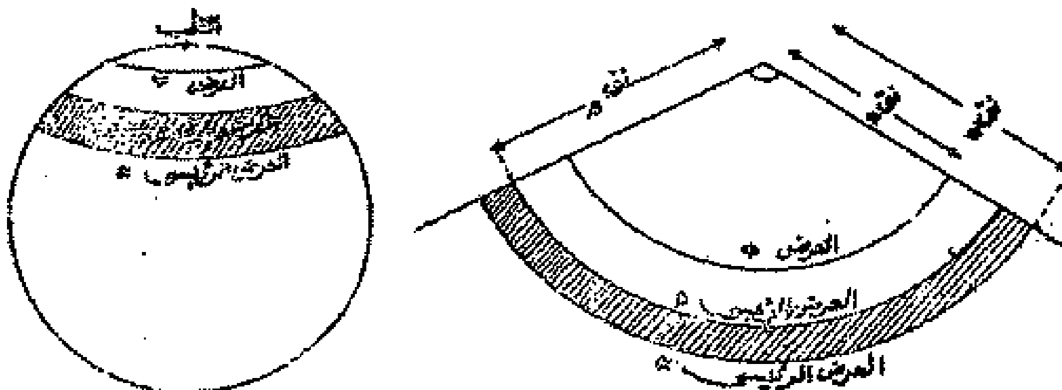
كما يتبين من إسم المسقط ، يتم رسمه بطريقة مشابهة للمسقط المخروطى بعرضين رئيسيين . ويعتمد المسقط على مخروط افتراضى يحقق الشرطين الآتيين :

أولا : قوسان من دوائر العرض المرسومة من رأس المخروط كمركز ، يساويان فى طوليهما دائرتين من دوائر العرض مثل α ، β .

ثانيا : المساحة على المسقط المحصورة بين هذين القوسين تساوى مساحة المنطقة على سطح الأرض بين دائرتى العرض α ، β .

فى هذا المسقط وكذلك فى المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين يظهر القطب على شكل قوس من دائرة العرض .

الخصائص الهندسية للمسقط



شكل ٩٤

نفرض أن نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسى هـ على المسقط = نق

ونفرض أن نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسي β على المسقط = نق_β

ونفرض أن زاوية رأس المخروط الذي يحقق المسقط = θ

طول القوس الأول على المسقط = طول محيط دائرة العرض α على سطح الأرض

$$\theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{نق}_\alpha = ٢ \ \text{ط نق جتا} \ \alpha$$

$$\text{نق}_\alpha = \frac{٣٦٠}{\theta} \ \text{نق جتا} \ \alpha \qquad (١)$$

$$\text{وبالمثل} \quad \text{نق}_\beta = \frac{٣٦٠}{\theta} \ \text{نق جتا} \ \beta \qquad (٢)$$

وأيضا المساحة على المسقط بين القوسين α ، β = المساحة المناظرة على سطح الأرض

$$\frac{١}{٢} \times \theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \left(\text{نق}^٢_\alpha - \text{نق}^٢_\beta\right) = ٢ \ \text{ط نق}^٢ \left(\text{جا} \ \beta - \text{جا} \ \alpha\right) \qquad (٣)$$

نعوض عن نق_α ، نق_β في المعادلة (٣) بما يساويها من المعادلتين (١)،(٢) وينتج أن

$$\frac{٣٦٠}{\theta} \ \text{نق}^٢ \left(\text{جتا}^٢ \ \alpha - \text{جتا}^٢ \ \beta\right) = ٢ \ \text{نق} \left(\text{جا} \ \beta - \text{جا} \ \alpha\right)$$

$$\frac{\theta}{٣٦٠} = \text{ثابت المخروطي} = \text{ث} = \frac{\text{جتا}^٢ \ \alpha - \text{جتا}^٢ \ \beta}{٢\left(\text{جا} \ \beta - \text{جا} \ \alpha\right)}$$

$$= \frac{\text{جا}^2 \beta - \text{جا}^2 \alpha}{2\,(\text{جا}\,\beta - \text{جا}\,\alpha)}$$

$$\text{ش} = \frac{\text{جا}\,\beta + \text{جا}\,\alpha}{2}$$

وبالرجوع الى المعادلتين (١) ، (٢) نجد أن

$$\text{نق}_\alpha = \frac{\text{نق جتا}\,\alpha}{\text{ش}}$$

$$\text{نق}_\beta = \frac{\text{نق جتا}\,\beta}{\text{ش}}$$

ومن العلاقات الثلاثة السابقة يمكن رسم مخروط المسقط وكذلك أقواس دائرة العرض الرئيسيين .

ولرسم أقواس دوائر العرض الأخرى نرمز لنصف قطر دائرة العرض ϕ بالرمز نق_ϕ

وتكون المساحة على المسقط بين قوسى دائرتى العرض ϕ ، β (مثلا) مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض . أى أن

$$\frac{1}{2} \times \text{ش} \times \frac{\text{ط}}{180} \left(\text{نق}_\beta^2 - \text{نق}_\phi^2\right) = 2\,\text{ط نق}^2 \left(\text{حا}\,\phi - \text{حا}\,\beta\right)$$

$$\text{نق}_\beta^2 - \text{نق}_\phi^2 = \frac{2\,\text{نق}^2}{\text{ش}} \left(\text{حا}\,\phi - \text{حا}\,\beta\right)$$

$$\text{نق}_\phi = \sqrt{\text{نق}_\beta^2 - \frac{2\,\text{نق}^2}{\text{ش}} \left(\text{حا}\,\phi - \text{حا}\,\beta\right)}$$

طريقة الإنشاء

يرسم المسقط المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين بنفس الطريقة المتبعة فى رسم المساقط المخروطية .

مثال: مسقط ألبرز بعرضين رئيسيين ٥٥° ، ٧٠° شمال بمقياس ١ : ١٠ مليون - يمثل ١٠٠ درجة طولية

نق = ٦٣٫٧٠ سم

$$\text{ثابت المخروط ث} = \frac{\text{جا ٥٥} + \text{جا ٧٠}}{٢} = ٠٫٨٧٩٤٢$$

$$\text{قيمة زاوية الرأس} = ١٠٠ \times \text{ث} = ٨٧٫٩٤٢^\circ$$

$$\text{نصف قطر قوس دائرة العرض } ٥٥^\circ = \frac{\text{نق جتا ٥٥}}{\text{ث}} = ٤١٫٥٤٦ \text{ سم}$$

$$\text{نصف قطر قوس دائرة العرض } ٧٠^\circ = \frac{\text{نق جتا ٧٠}}{\text{ث}} = ٢٤٫٧٧٤ \text{ سم}$$

نصف قطر قوس دائرة العرض ٧٥°

$$= \sqrt{(٢٤٫٧٧٤)^٢ - \frac{٢(٦٣٫٧٠)^٢}{٠٫٨٧٩٤٢}(\text{جا ٧٥} - \text{جا ٧٠})} = ١٩٫٢٧٩ \text{ سم}$$

وبالمثل نصف قطر قوس دائرة العرض ٦٥° = ٣٠٫٣٦٢ م

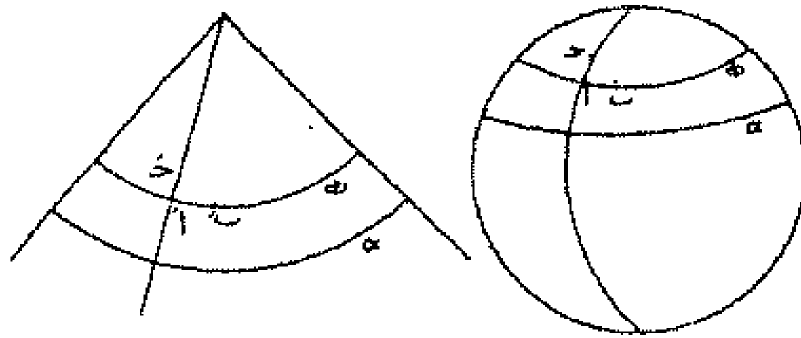
» » » » » » ٦٠° = ٣٥٫٩٦٦ »

٩ — المسقط المخروطى التشابهى
أو
مسقط لامبرت المخروطى التشابهى

خاصية التشابه فى هذا المسقط تحقق التعامد بين خطوط الطول ودوائر العرض كما تعطى تناسبا فى الأبعاد المرسومة على المسقط مع نظيراتها على سطح الأرض.

فى هذا المسقط يرسم مخروط مماثل تماما لمخروط التماس أى أن زاوية رأس المخروط θ = ٣٦٠° جا α حيث α هو العرض الرئيسى

ويكون نصف القطر على المسقط لقوس دائرة العرض الرئيسى نق$_\alpha$ = نق ظتا α كما فى حالة مخروط التماس .



شكل ٩٥

ونرسم أقواس دوائر العرض بحيث تكون مراكزها عند رأس المخروط وبحيث تحقق خاصية التشابه — أى بحيث تعطى تناسبا فى الأبعاد

نفرض أن أ ، ب نقطتان على دائرة العرض ϕ على سطح الأرض وتبعدان عن بعضها بزاوية طول صغيرة مقدارها $\Delta \lambda$.

نفرض نقطة حـ على خط طول أ وتبعد عن أ بزاوية عرض صغيرة مقدارها $\Delta \phi$.

ونفرض أن أَ ، بَ ، حـَ هى مساقط النقط أ ، ب ، حـ

ونفرض أن قيمة نصف قطر دائرة العرض ϕ على المسقط = س

أ ب = نق جتا $\phi \cdot \Delta \lambda$

أ حـ = نق · $\Delta \phi$

أَ حـَ = − Δ س

أَ بَ = س · $\Delta \lambda$

$\Delta \theta$ = حا $\alpha \cdot \Delta \lambda$

للتشابه بين الخريطة وسطح الأرض يكون

$$\frac{\text{أَ حـَ}}{\text{أ حـ}} = \frac{\text{أَ بَ}}{\text{أ ب}}$$

$$\frac{-\Delta\, ر}{\text{نق}\ \Delta\, \phi} = \frac{ر \cdot \Delta\, \theta}{\text{نق جتا}\ \phi \cdot \Delta\, \lambda}$$

وبالتعويض عن $\Delta\, \theta = \text{حا}\ \alpha\ \Delta\, \lambda$ ينتج أن

$$\frac{-\Delta\, ر}{ر} = \frac{\text{حا}\ \phi \cdot \Delta\, \phi}{\text{جتا}\ \phi} = \text{حا}\ \alpha\ \text{قا}\ \phi \cdot \Delta\, \phi$$

وباجراء التكامل

$$\int_{\text{نق}_\alpha}^{\text{نق}_\phi} \frac{ء\, ر}{ر} = -\text{حا}\ \alpha \int_{\alpha}^{\phi} \text{قا}\ \phi\ ء\, \phi$$

$$\Big[\text{لو}\ ر\Big]_{\text{نق}_\alpha}^{\text{نق}_\phi} = \text{حا}\ \alpha \Big[\text{لو ظا}\,(45 + \frac{\phi}{2})\Big]_{\alpha}^{\phi}$$

$$\frac{\text{نق}\ \phi}{\text{نق}\ \alpha} = \left[\frac{\text{ظا}\,(45 + \frac{\phi}{2})}{\text{ظا}\,(45 + \frac{\alpha}{2})}\right]^{-\text{حا}\ \alpha}$$

$$\text{نق}_\phi = \text{نق}_\alpha \left[\frac{\text{ظا}\,(45 + \frac{\phi}{2})}{\text{ظا}\,(45 + \frac{\alpha}{2})}\right]^{-\text{حا}\ \alpha}$$

$$\text{نق}_{\phi} = \text{نق}_{\alpha} \left[\frac{\text{ظا}\,(45 + \frac{\alpha}{2})}{\text{ظا}\,(45 + \frac{\phi}{2})} \right]^{\text{جا}\,\alpha}$$

ومن هذه العلاقة تتحدد قيم انصاف اقطار أقواس دوائر العرض

مثال: مسقط مخروطي تشابهي بمقياس ١ : ٧ ½ مليون ، فيه العرض الرئيسي ٤٠° شمال والاتساع الطولي ٨٠ درجة .

نق = ٨٤٫٩٣٢٢ سم

زاوية رأس المخروط θ = ٨٠ × جا ٤٠ = ٥١٫٤٢٣°

نق٤٠ = نق ظتا ٤٠ = ١٠١٫٢١٩٦ سم

$$\text{نق}_{30} = \text{نق}_{40} \left[\frac{\text{ظا}\,(45 + \frac{40}{2})}{\text{ظا}\,(45 + \frac{35}{2})} \right]^{\text{جا}\,40} = \text{١٠٨٫٦٤١ سم}$$

$$\text{نق}_{45} = \text{نق}_{40} \left[\frac{\text{ظا}\,(45 + \frac{40}{2})}{\text{ظا}\,(45 + \frac{45}{2})} \right]^{\text{جا}\,40} = \text{٩٣٫٧٩٨٢ سم}$$

$$\text{نق}_{٥٠} = \text{نق}_{٤٠} \left[\frac{\text{ظا}\,(٤٥ + \frac{٤٠}{٢})}{\text{ظا}\,(٤٥ + \frac{٥٠}{٢})} \right]^{\text{جا}\,٤٠} = ٨٦٫٣١٧٠ \text{ سم}$$

تحوير العلاقات فى المسقط

يمكن باستخدام متممات زوايا العرض الوصول الى صورة مبسطة للعلاقة التى تعطى قيمة نصف القطر نق$_\varphi$.

x تتمم العرض α أى $\alpha = ٩٠ - x$

ψ " " φ أى $\varphi = ٩٠ - \psi$

$$\text{نق}_\varphi = \text{نق}_\alpha \left[\frac{\text{ظا}\,(٤٥ + \frac{٩٠ - x}{٢})}{\text{ظا}\,(٤٥ + \frac{٩٠ - \varphi}{٢})} \right]^{\text{جا}\,\alpha}$$

$$= \text{نق}_\alpha \left[\frac{\text{ظا}\,(٩٠ - \frac{x}{٢})}{\text{ظا}\,(٩٠ - \frac{\psi}{٢})} \right]^{\text{جا}\,\alpha}$$

$$\text{نق}_\varphi = \text{نق}_\alpha \left[\frac{\text{ظا}\,\frac{\psi}{٢}}{\text{ظا}\,\frac{x}{٢}} \right]^{\text{جا}\,\alpha}$$

١٠ — المسقط المخروطي التشابهي بعرضين رئيسيين

هذا المسقط يماثل المسقط المخروطي التشابهي بعرض رئيسي واحد وذلك في طريقة الإنشاء .

في المسقط المخروطي التشابهي بعرض رئيسي واحد يكون طول قوس العرض الرئيسي على الخريطة مساويا لنظيره على سطح الأرض . أما باقي أقواس دوائر العرض المرسومة على الخريطة فتكون أطول من نظيراتها على سطح الأرض وهذه الزيادة في أطوال أقواس دوائر العرض تكون تقريبا متساوية كلما ابتعدنا عن العرض الرئيسي .

وعلى ذلك لو قمنا بتصغير مقياس رسم المسقط المخروطي بعرض رئيسي واحد بنسبة معينة أمكن الوصول الى عرضين أحدهما شمال العرض الرئيسي والآخر جنوبه ، يكونان متساويان في طوليهما للعرضين المناظرين على سطح الأرض . في هذه الحالة تكون أطوال أقواس دوائر العرض المرسومة على الخريطة بين هذين العرضين أقصر من الأقواس المناظرة على سطح الأرض .

للتعرف على العلاقات التي تحدد شكل المسقط نبدأ بالعلاقات الخاصة بالمسقط المخروطي بعرض رئيسي واحد هو α .

تكون زاوية الرأس $\theta = \lambda$ حا α

ويكون نق$_{\alpha}$ = نق ظتا α

$$\text{نق}_{\phi} = \text{نق}_{\alpha} \left[\frac{\text{ظا} \frac{\psi}{2}}{\text{ظا} \frac{x}{2}} \right]^{\text{حا}\ \alpha}$$

حيث $\psi = 90 - \phi$ ، $x = 90 - \alpha$

نفرض أننا نقوم بتصغير مقياس الرسم بالمعامل ك وبذلك نصل إلى عرضين φ_1 ، φ_2 مساويان في طوليهما لنظيريهما على الأرض .

$$\text{نق}_{\psi_1}\ \text{الجديد} = \text{ك}\ \text{نق}_{\psi_1} = \text{ك}\ \text{نق}_{\alpha}\left[\frac{\text{ظا}\ \frac{\psi_1}{2}}{\text{ظا}\ \frac{x}{2}}\right]^{\text{جا}\ \alpha} \qquad (١)$$

حيث $\psi_1 = ٩٠ - \varphi_1$

$$\text{نق}_{\psi_2}\ \text{الجديد} = \text{ك}\ \text{نق}_{\psi_2} = \text{ك}\ \text{نق}_{\alpha}\left[\frac{\text{ظا}\ \frac{\psi_2}{2}}{\text{ظا}\ \frac{x}{2}}\right]^{\text{جا}\ \alpha} \qquad (٢)$$

حيث $\psi_2 = ٩٠ - \varphi_2$

طول قوس دائرة عرض رئيسي على الخريطة = طول القوس المناظر على الأرض

$$\theta \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{ك}\ \text{نق}_{\alpha}\left[\frac{\text{ظا}\ \frac{\psi_1}{2}}{\text{ظا}\ \frac{x}{2}}\right] = ٢\ \text{ط}\ \text{نق}\ \text{جتا}\ \varphi_1$$

$$= ٢\ \text{ط}\ \text{نق}\ \text{جا}\ \psi_1 \qquad (٣)$$

$$\theta \times \frac{ط}{180} \times ك\ نق_\alpha \left[\frac{ظا \frac{\psi_2}{2}}{ظا \frac{x}{2}} \right]^{جا\ \alpha} = 2\ ط\ نق\ جتا\ \psi_2$$

$$= 2\ ط\ نق\ جا\ \psi_2 \qquad (4)$$

وبالقسمة ينتج أن

$$\left[\frac{ظا \frac{\psi_1}{2}}{ظا \frac{\psi_2}{2}} \right]^{جا\ \alpha} = \frac{جا\ \psi_1}{جا\ \psi_2}$$

وبأخذ اللوغاريتمات

$$جا\ \alpha = \frac{لو\ جا \frac{\psi_1}{2} - لو\ جا \frac{\psi_2}{2}}{لو\ ظا \frac{\psi_1}{2} - لو\ ظا \frac{\psi_2}{2}}$$

ومن هذه العلاقة تتحدد قيمـــة زاوية الرأس ومنها أيضا تتحدد قيمـــة $نق_\alpha = نق\ ظتا\ \alpha$

ومن المعادلة (٣) أو (٤) نحصل على قيمة المعامل ك وذلك بعد إستبدال

$$\frac{\theta}{360} = حا\ \alpha \quad (\text{ثابت المخروط})$$

$$\theta \times \frac{ط}{١٨٠} \times ك \times نق\ ظتا\ \alpha \left[\frac{ظا \frac{\psi_1}{٢}}{ظا \frac{x}{٢}} \right]^{حا\ \alpha}$$

$$= ٢\ ط\ نق\ حا\ \psi_1$$

$$ك = \frac{حا\ \psi_1}{حا\ x} \left[\frac{ظا \frac{x}{٢}}{ظا \frac{\psi_1}{٢}} \right]^{حا\ \alpha}$$

وتساوي أيضا $\frac{حا\ \psi_2}{حا\ x} \left[\frac{ظا \frac{x}{٢}}{ظا \frac{\psi_2}{٢}} \right]^{حا\ \alpha}$

ومن المعادلة (١) نحصل على

$$نق_{\varphi_1} = نق_{\alpha} \cdot \frac{حا\ \psi_1}{حا\ x}$$

ومن المعادلة (٢) $نق_{\varphi_2} = نق_{\alpha} \cdot \frac{حا\ \psi_2}{حا\ x}$

ونحصل على نصف قطر قوس أى دائرة العرض $\varphi = ك\ نق_{\varphi}$

$$= \text{لو نق}_{\alpha} \left[\frac{\text{ظا } \frac{\psi}{2}}{\text{ظا } \frac{x}{2}} \right] = \text{نق}_{\alpha} \cdot \frac{\text{حا } \psi_1}{\text{حا } x} \left[\frac{\text{ظا } \frac{\psi}{2}}{\text{ظا } \frac{\psi_1}{2}} \right]^{\text{حا } \alpha}$$

$$= \text{نق}_{\phi_1} \left[\frac{\text{ظا } \frac{\psi}{2}}{\text{ظا } \frac{\psi_1}{2}} \right]^{\text{حا } \alpha} \text{ كما يساوى أيضا } \text{نق}_{\phi} \cdot \left[\frac{\text{ظا } \frac{\psi}{2}}{\text{ظا } \frac{\psi_2}{2}} \right]^{\text{حا } \alpha}$$

<u>مثال</u> : مسقط مخروطى تشابهى بعرضين رئيسيين هما ٤٤ ، ٦٠° شمـــال بمقياس ١ : ١٠ مليون والاتساع الطولى ١٠٠°

نق = ٦٣٫٧٠ سم

$$\text{ثابت المخروط حا } \alpha = \frac{\text{لو حا } ٤٦ - \text{لو حا } ٣٠}{\text{لو ظا } \frac{٤٦}{٢} - \text{لو ظا } \frac{٣٠}{٢}} = ٠٫٧٩٠٦١٣$$

ومنها α = ٥٢٫٢٤٢٨°

زاوية رأس المخروط = ١٠٠ حا α = ٧٩٫٠٦١٣°

ن_{α} = نق ظتا α = ٤٩٫٣٢٤٥ سم

$$\text{ن}_{٤٤} = \text{ن}_{\alpha} \frac{\text{حا } ٤٦°}{\text{حا } ٣٧٫٧٥٧٢°} = ٥٧٫٩٥٧٤ \text{ سم}$$

$$\text{ن}_{٦٠} = \text{ن}_{\alpha} \frac{\text{جا } ٣٠^\circ}{\text{جا } ٢٧٫٧٥٧٢^\circ} = ٤٠٫٢٨٥١ \text{ سم}$$

$$\text{ن}_{٤٨} = \text{ن}_{٤٤} \left[\frac{\text{ظا } \frac{٤٢}{٢}}{\text{ظا } \frac{٤٦}{٢}} \right]^{\text{حا } \alpha} = ٥٣٫٥٢٧٨ \text{ سم}$$

$$\text{ن}_{٥٢} = \text{ن}_{٤٤} \left[\frac{\text{ظا } \frac{٣٨}{٢}}{\text{ظا } \frac{٤٦}{٢}} \right]^{\text{حا } \alpha} = ٤٩٫١١٩٩ \text{ سم}$$

$$\text{ن}_{٥٦} = \text{ن}_{٤٤} \left[\frac{\text{ظا } \frac{٣٤}{٢}}{\text{ظا } \frac{٤٦}{٢}} \right]^{\text{حا } \alpha} = ٤٤٫٧١٣٢ \text{ سم}$$

إنشاء المساقط المخروطية بالمقاييس الكبيرة
باستخدام الاحداثيات المتعامدة

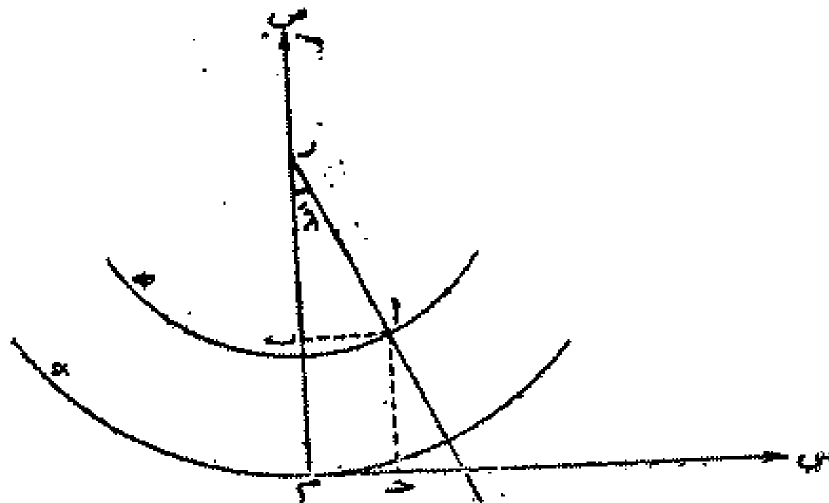
فى الأمثلة السابق حسابها فى المساقط المخروطية لم تتجاوز أنصاف أقطار أقطار دوائر العرض طول المتر وذلك فى المقاييس التى لاتزيد عن ١ : ١٠ مليون.

ولما كانت أدوات وأجهزة الرسم المعتادة تعجز عن رسم دوائر بأنصاف أقطار كبيرة فى حالة المقاييس الكبيرة ، ولرسم مسقط مخروطى بمقياس كبير تستخدم طريقة التوقيع بالاحداثيات .

فى تلك الحالة نعتبر أن سطح الخريطة لوحة مستوية بها محوران للاحداثيات س ، ص ونقوم بحساب احداثيات النقط التى تشكل الهيكل الجغرافى للمسقط وهى نقط تقاطع خطوط الطول والعرض المطلوب بيانها على المسقط. وفى النهاية نصل بين النقط المتناظرة على خطوط الطول والنقط المتناظرة على خطوط العرض فينتج الهيكل المطلوب .

إنشاء المسقط المخروطى البسيط
باستخدام الاحداثيات المتعامدة

نتخذ خط الطول الأوسط محورا للصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسى α . ونأخذ محور السينات عموديا على محور الصادات عند نقطة الأصل . النقطة ا على المسقط تقع على العرض φ وعلى خط الطول الذى يبعد عن الطول الأوسط بزاوية λ على سطح الأرض ويقابلها على سطح الخريطة الزاوية $\bar{\lambda}$ حيث $\bar{\lambda} = \lambda$ حا α



شكل ٩٦

ونرمز إلى طول المسافة من رأس المخروط (د) إلى العرض φ بالرمز نقφ

واضح أن الاحداثى السينى (س) للنقطة ا = ا ب = نقφ حا λ َ .

والاحداثى الصادى (ص) للنقطة ا = ا هـ = د م − د ب

= نقα − نقφ جتا λ َ

ص = نق ظتاα − نقφ جتا λ َ

<u>مثال</u> : مسقط <u>مخروطى بسيط</u> بمقياس ١ : ٢ مليون فيه العرض الرئيسى ٥٤° شمال والطول الأوسط ٤° غرب

ثابت المخروط = حا ٥٤° = ٠ر٨٠٩ ٢

نصف قطر دائرة العرض الرئيسى نق٥٤ = نق ظتا ٥٤° = ٢٣١ر٤٠٤ سم

المسافة القوسية على سطح الأرض التى تقابل ١° عرضية

= نق × ١ × ط / ١٨٠ = ٥ر٥٥٩

نق٥٥ = ٢٣١ر٤٠٤ + ٥ر٥٥٩ = ٢٣٦ر٩٦٣

نق٥٦ = ٢٣٦ر٩٦٣ + ٥ر٥٥٩ = ٢٤٢ر٥٢٢

نق٥٣ = ٢٣١ر٤٠٤ − ٥ر٥٥٩ = ٢٢٥ر٨٤٥

نق٥٦ = ٢٢٥٫٨٤٥ − ٥٫٥٥٩ = ٢٢٠٫٢٨٦

الطول ٣° غـ λ = ١ λ̂ = ١ × ٠٫٨٠٩٠٢ = ٠٫٨٠٩٠٢°

الطول ٢° غـ λ = ٢ λ̂ = ٢ × ٠٫٨٠٩٠٢ = ١٫٦١٨٠٤

الطول ١° غـ λ = ٣ λ̂ = ٣ × ٠٫٨٠٩٠٢ = ٢٫٤٢٧٠٦

الطول صفر λ = ٤ λ̂ = ٤ × ٠٫٨٠٩٠٢ = ٣٫٢٣٦٠٨

الطول ١° ق λ = ٥ λ̂ = ٥ × ٠٫٨٠٩٠٢ = ٤٫٠٤٥١٠

إحداثيات النقطة (عرض ٥٥° شمال ، طول ٢° غرب)

س = نق٥٥ حا ١٫٦١٨٠٤° = ٦٫٣٧٧ سم

ص = نق٥٤ − نق٥٥ جتا ١٫٦١٨٠٤ = ٥٫٦٤٩ سم

إحداثيات النقطة (عرض ٥٢° شمال ، طول جرينتش)

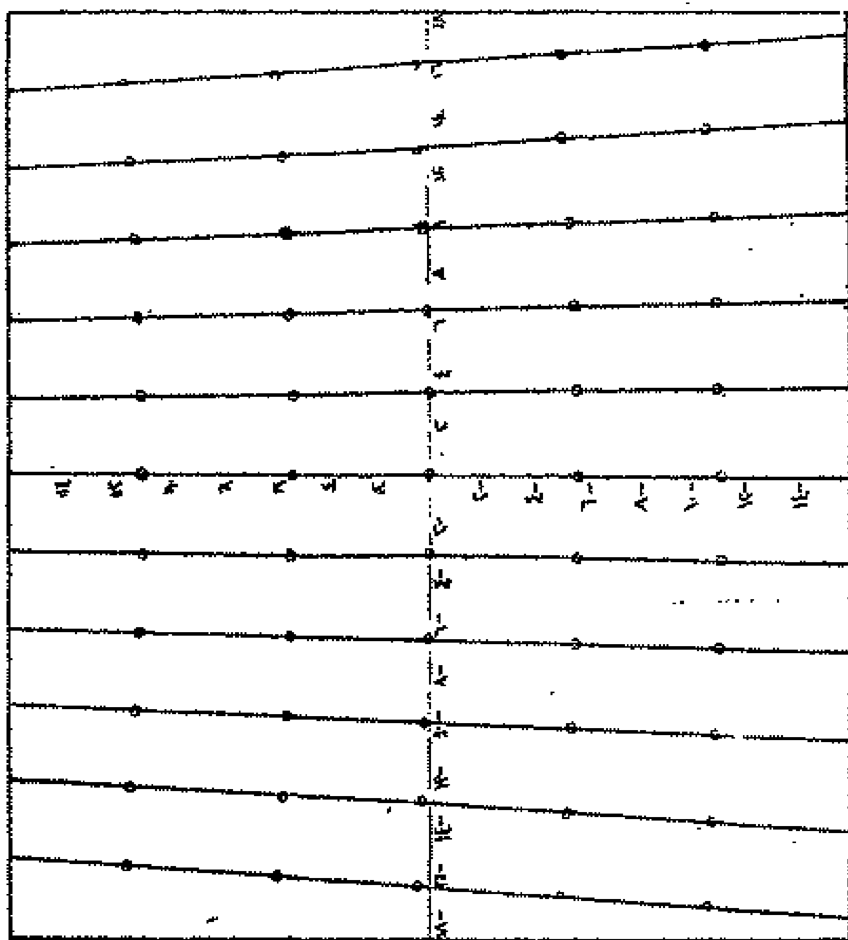
س = نق٥٢ حا ٣٫٢٣٦٠٨° = ١٣٫٦٩٠ سم

ص = نق٥٤ − نق٥٢ جتا ٣٫٢٣٦٠٨° = − ١٠٫٧٣١ سم

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول المبين فى صفحة ١٨٩

عرض / طول		٥٢	٥٣	٥٤	٥٥	٥٦
٣° غ	س	٣ر٤٢٤	٣ر٣٤٦	٣ر٢٦٧	٣ر١٨٩	٣ر١١٠
	ص	—١١ر٠٩٤	—٥ر٥٣٥	٠ر٠٢٣	٥ر٥٨٢	١١ر١٣٤
٢° غ	س	٦ر٨٤٨	٦ر٦٩١	٦ر٥٣٤	٦ر٣٧٧	٦ر٢٢٠
	ص	—١١ر٠٢١	—٥ر٤٦٥	٠ر٠٩٢	٥ر٦٤٩	١١ر٢٠٦
١° غ	س	١٠ر٢٧٠	١٠ر٠٣٥	٩ر٧٩٩	٩ر٥٦٤	٩ر٣٢٩
	ص	—١٠ر٩٠٠	—٥ر٣٤٦	٠ر٢٠٨	٥ر٧٦٢	١١ر٣١٢
صفر	س	١٣ر٦٩٠	١٣ر٣٧٧	١٣ر٠٦٣	١٢ر٧٤٩	١٢ر٤٣٥
	ص	—١٠ر٧٣١	—٥ر١٨١	٠ر٣٦٩	٥ر٩١٩	١١ر٤٦٩
١° ق	س	١٧ر١٠٨	١٦ر٧١٦	١٦ر٣٢٤	١٥ر٩٣١	١٥ر٠٣٩
	ص	—١٠ر٥١٤	—٤ر٩٦٩	٠ر٥٧٦	٦ر١٢٢	١١٦٦٧

وتظهر نتيجة التوقيع فى شكل ٩٧



ويلاحظ الآتى :

١ — الاحداثيات المبينة فى القائمة خاصة بالنقط الواقعة للشرق من خط الطول الأوسط . ولما كان المسقط متماثلا بالنسبة لخط الطـــول الأوسط لذلك ترسم النقط التى تمثل النصف الغربى للمسقط فى نفس المواقع المماثلة لنقط النصف الشرقى .

٢ — لتجنب استخدام احداثيات سالبة يمكن اتخاذ نقطة أصل غير النقطة الواقعة على دائرة العرض الرئيسى .

ونقطة الأصل الجديدة تقع على خط الطول الأوسط جنوب العرض الرئيسى بمسافة تكفى لجعل جميع الاحداثيات الصادية موجبة .

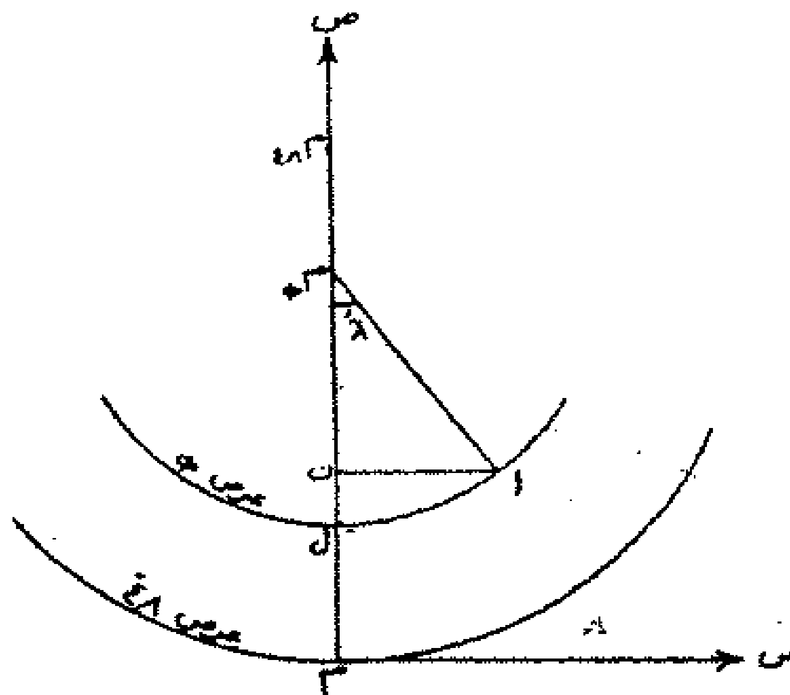
فمثلا باختيار نقطة الأصل الجديدة على بعد ١٥ سم جنوب النقطة المستخدمة فى المثال السابق تصبح جميع الاحداثيات الصادية موجبة مما يسهل عملية التوقيع .

فى هذه الحالة تصبح احداثيات بعض النقط كالآتى :

عرض / طول		٥٢	٥٣	٥٤	٥٥	٥٦
٣° غ	س ص	٣٫٤٢٤ ٣٫٩٠٦	٣٫٣٤٦ ٩٫٤٦٥	٣٫٢٦٧ ١٥٫٠٢٣	٣٫١٨٩ ٢٠٫٠٨٢	٣٫١١٠ ٢٦٫١٣٤

مثـــال:

مسقط متعدد المخاريط بمقياس ١ : ٢ مليون يحده جنوبا خط العرض ٤٨° شمال ويتوسطه خط الطول ٤٠° شرق



شكل ٩٨

تتخذ نقطة الأصل عند تقاطع دائرة العرض ٤٨° شمالا مع الطول الأوسط لفرض ا نقطة على دائرة العرض φ المرسومة من المركز م φ بنصف قطر = تق φ

ونفرض أن طول النقطة ا يبعد عن الطول الأوسط بزاوية طول مقدارها λ° يقابلها على المسقط الزاوية λ َ = < ا م φ ن .

الاحداثي السيني (س) للنقطة ا يمثله المستقيم ا ن = تق φ حا λ َ

الاحداثى الصادى (ص) للنقطة ا يمثله المستقيم م ن = م ل + ل $م_\phi$ − $م_\phi$ ن

= (المسافة القوسية على سطح الارض بين العرض ٤٨ والعرض φ) +
نصف قطر دائرة العرض φ − $م_\phi$ ن

$$= (٤٨ - \phi) \times \frac{ط}{١٨٠} \times نق + نق_\phi - نق_\phi جتا \lambda'$$

$$= (٤٨ - \phi) \times \frac{ط}{١٨٠} \times نق + نق_\phi (١ - جتا \lambda')$$

نق = ٢٥٤٫٨٠ سم

العرض φ	البعد عن العرض ٤٨° = $(٤٨ - \phi) \times \frac{ط}{١٨٠} \times نق$	$نق_\phi$ = نق ظتا φ	λ' = λ حا φ			
			٢°	٤°	٦°	٨°
٤٨°	صفر	٢٢٩٫٤٢٣	١٫٤٨٦٣	٢٫٩٧٢٦	٤٫٤٥٨٩	٥٫٩٤٥٢
٥٠	٨٫٨٩٤٢	٢١٣٫٨٠٣	١٫٥٣٢١	٣٫٠٦٤٢	٤٫٥٩٦٣	٦٫١٢٨٤
٥٢	١٧٫٧٨٨٤	١٩٩٫٠٧٢	١٫٥٧٦٠	٣٫١٥٢٠	٤٫٧٢٨٠	٦٫٣٠٤١
٥٤	٢٦٫٦٨٢٦	١٨٥٫١٢٣	١٫٦١٨٠	٣٫٢٣٦١	٤٫٨٥٤١	٦٫٤٧٢١
٥٦	٣٥٫٥٧٦٨	١٧١٫٨٦٥	١٫٦٥٨١	٣٫٣١٦٢	٤٫٩٧٤٢	٦٫٦٣٢٢

احداثيات النقطة (عرض ٥٠° شمال ، طول ٤٢° شرق)

$$س = نق_{٥٠} جا ١٫٥٣٢١° = ٥٫٧١٦ سم$$

$$ص = ٨٫٨٩٤٢ + نق_{٥٠} (١ - جتا ١٫٥٣٢١°) = ٨٫٩٧١ سم$$

احداثيات النقطة (عرض ٥٤° شمال ، طول ٤٨° شرق)

س = نق٥٤ جا ٦ر٤٧٢١° = ٢٠ر٨٧٠ سم

ص = ٢٦ر٦٨٢٦ + نق٥٤ (١ — جتا ٦ر٤٧٢١°) = ٢٧ر٨٦٢ سم

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتى

عرض / طول		٤٨°	٥٠°	٥٢°	٥٤°	٥٦°
٤٢°	س	٥ر٩٠١	٥ر٧١٦	٥ر٤٧٥	٥ر٢٢٧	٤ر٩٧٣
	ص	٠ر٠٧٧	٨ر٩٧١	١٧ر٨٦٤	٢٦ر٧٥٦	٣٥ر٦٤٩
٤٤	س	١١ر٨٩٨	١١ر٤٢٩	١٠ر٩٤٦	١٠ر٤٥٠	٩ر٩٤٢
	ص	٠ر٣٠٩	٩ر٢٠٠	١٨ر٠٩٠	٢٦ر٩٧٨	٣٥ر٨٦٥
٤٦	س	١٧ر٨٣٦	١٧ر١٢٣	١٦ر٤٠٩	١٥ر٦٦٥	١٤ر٩٠٢
	ص	٠ر٦٩٤	٩ر٥٨٢	١٨ر٤٦٦	٢٧ر٣٤٧	٣٦ر٢٢٤
٤٨	س	٢٣ر٧٦٣	٢٢ر٨٢٥	٢١ر٨٥٩	٢٠ر٨٧٠	١٩ر٨٥٠
	ص	١ر٢٣٤	١٠ر١١٦	١٨ر٩٩٢	٢٧ر٨٦٢	٣٦ر٧٤٧
٥٠	س	٢٩ر٦٧٤	٢٨ر٥٠٠	٢٧ر٢٩٣	٢٦ر٠٥٣	٢٤ر٨٧١
	ص	١ر٩٢٧	١٠ر٨٠٢	١٩ر٦٦٨	٢٨ر٥٢٥	٣٧ر٣٧٣

مثـــال:

مسقط مخروطى بعرضين رئيسين ٥٥° ، ٦١° شمال بمقياس ١ : ٣ مليون فيه الطول الأوسط ١٦٠° شرق

نق = ٢١٢ر٣٣٣ سم

$$\text{ثابت المخروط ث} = \frac{\text{جا }٥٥ - \text{جا }٦١}{(٦١ - ٥٥)} \times \frac{١٨٠}{\text{ط}} = ٠٫٨٤٧٦٦$$

$$\text{نق}_{٥٥} = \frac{\text{نق جا }٥٥}{\text{ث}} = ١٤٣٫٦٧٧٢ \text{ سم}$$

المسافة القوسية التي تقابل ٣° عرضية على سطح الأرض

$$= ٣ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{نق} = ١١٫١١٧٧ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{٥٢} = ١٤٣٫٦٧٧٢ + ١١٫١١٧٧ = ١٥٤٫٧٩٤٩ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{٥٨} = ١٤٣٫٦٧٧٢ - ١١٫١١٧٧ = ١٣٢٫٥٥٩٥ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{٦١} = ١٣٢٫٥٥٩٥ - ١١٫١١٧٧ = ١٢١٫٤٤١٨ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_{٦٤} = ١٢١٫٤٤١٨ - ١١٫١١٧٧ = ١١٠٫٣٢٤١ \text{ سم}$$

الطول ١٦٣° ق $\lambda = ٣$ $\lambda' = ٣ \times \text{ث} = ٢٫٥٤٢٩٨°$

« ١٦٦ ق $\lambda = ٦$ $\lambda' = ٥٫٠٨٥٩٦$

« ١٦٩ ق $\lambda = ٩$ $\lambda' = ٧٫٦٢٨٩٤$

« ١٧٢ ق $\lambda = ١٢$ $\lambda' = ١٠٫١٧١٩٢$

نتخذ خط الطول الأوسط محورا للصادات وتكون نقطة الأصل عندالعرض الرئيسي ٥٥°. ونأخذ محور السينات عموديا على محورالصادات عند نقطة الأصل

وتكون س = نق$_{ه}$ جا λ°

ص = نق$_{٠٠}$ — نق$_{ه}$ جتا λ°

احداثيات النقطة (عرض ٥٢ شمال ، طول ١٦٣ ق)

س = نق$_{٥٢}$ جا ٢ر٥٤٢٩٨° = ٦ر٨٦٨ سم

ص = نق$_{٥٥}$ — نق$_{٥٢}$ جتا ٢ر٥٤٢٩٨° = — ١٠ر٩٦٥ سم

احداثيات النقطة (عرض ٦٤ شمال ، طول ١٦٩ ق)

س = نق$_{٦٤}$ جا ٧ر٦٢٨٩٤ = ١٤ر٦٤٦ سم

ص = نق$_{٥٥}$ — نق$_{٦٤}$ جتا ٧ر٦٢٨٩٤ = ٣٤ر٣٣٠ سم

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

طول / عرض		٥٢	٥٥	٥٨	٦١	٦٤
١٦٠	س	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠
	ص	— ١١ر١١٨	٠ر٠٠٠	١١ر١١٨	٢٢ر٢٣٥	٣٣ر٣٥٣
١٦٣	س	٦ر٩٦٨	٦ر٣٧٥	٥ر٨٨٢	٥ر٣٨٨	٤ر٨٩٥
	ص	— ١٠ر٩٦٥	٠ر١٤١	١١ر٢٤٨	٢٢ر٣٥٥	٣٣ر٤٦٢
١٦٦	س	١٣ر٧٢٣	١٢ر٧٣٧	١١ر٧٥١	١٠ر٧٦٦	٩ر٧٨٠
	ص	— ١٠ر٥٠٨	٠ر٥٦٦	١١ر٦٤٠	٢٢ر٧١٤	٣٣ر٧٨٧
١٦٩	س	٢٠ر٥٠٠	١٩ر٠٧٤	١٧ر٥٩٨	١٦ر١٢٢	١٤ر٦٤٦
	ص	— ٩ر٧٤٨	١ر٢٧٢	١٢ر٢٩١	٢٣ر٣١٠	٣٤ر٣٣٠
١٧٢	س	٢٧ر٣٣٧	٢٥ر٣٧٤	٢٣ر٤١٠	٢١ر٤٤٧	١٩ر٤٨٣
	ص	— ٨ر٦٨٥	٢ر٢٥٨	١٣ر٢٠١	٢٤ر١٤٤	٣٥ر٠٨٧

مثـــال :

مسقط بون بمقيـــاس ١ : ٤ مليون فيه العرض الرئيسى ٥٨° شمال والطول الأوسط ٢٠° شرق .

نق = ١٥٩ر٢٥ سم

نق٥٨ = نق ظتا ٥٨ = ٩٩ر٥١٠٤ سم

المسافة القوسية التى تقابل ٤° عرضية على سطح الأرض =

٤ × ط / ١٨٠ × نق = ١١ر١١٧٧ سم

العرض φ	نق φ	λ` = (ن جتا φ / نق φ) × λ			
		٤°	٨°	١٢°	١٦°
٥٠°	١٢١ر٧٤٦	٣ر٣٦٣٢	٦ر٧٢٦٤	١٠ر٠٨٩٦	١٣ر٤٥٢٨
٥٤	١١٠ر٦٢٨	٣ر٣٨٤٥	٦ر٧٦٩٠	١٠ر١٥٣٥	١٣ر٥٣٨٠
٥٨	٩٩ر٥١٠	٣ر٣٩٢٢	٦ر٧٨٤٤	١٠ر١٧٦٦	١٣ر٥٦٨٨
٦٢	٨٨ر٣٩٣	٣ر٣٨٣٢	٦ر٧٦٦٤	١٠ر١٤٩٧	١٣ر٥٣٢٩
٦٦	٧٧ر٢٧٥	٣ر٣٥٢٨	٦ر٧٠٥٧	١٠ر٠٥٨٥	١٣ر٤١١٤

وباتخاذ خط الطول الأوسط محورا الصـــادات وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسي ٥٨° تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي

$$س = ع_{φ}\ جا_{λ}$$

$$ص = ع_{٥٨} - ع_{φ}\ جتا_{λ}$$

احداثيات النقطة (عرض ٥٤° شمال ، طول ٢٨° شرق)

س = ١١٠ر٦٢٨ جا ٦ر٧٩٦٠° = ١٣ر٠٢٩ سم

ص = ٩٩ر٥١٠ − ١١٠ر٦٢٨ جتا ٦ر٧٦٩٠° = −١٠ر٣٤٧ سم

احداثيات النقطة (عرض ٦٦ شمال ، طول ٣٦ شرق)

س = ٧٧ر٢٧٥ جا ١٣ر٤١٦٤° = ١٧ر٩٢٣ سم

ص = ٩٩ر٥١٠ − ٧٧ر٢٧٥ جتا ١٣ر٤١١٤° = ٢٤ر٣٤٢ سم

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

عرض / طول		٥٠	٥٤	٥٨	٦٢	٦٦
٢٠	س	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠
	ص	—٢٢ر٢٣٥	—١١ر١١٨	٠ر٠٠٠	١١ر١١٨	٢٢ر٢٣٥
٢٤	س	٧ر١٤٢	٦ر٥٢١	٥ر٨٨٨	٥ر٢١٦	٤ر٥١٩
	ص	—٢٢ر٠٢٦	—١٠ر٩٢٥	٠ر١٧٤	١١ر٢٧١	٢٢ر٣٦٧
٢٨	س	١٤ر٢٦٠	١٣ر٠٢٩	١١ر٧٥٥	١٠ر٤١٥	٩ر٠٢٣
	ص	—٢١ر٢٩٨	—١٠ر٣٤٧	٠ر٦٩٧	١١ر٧٣٣	٢٢ر٧٦٤
٣٢	س	٢١ر٣٢٨	١٩ر٥٠٤	١٧ر٥٨٢	١٥ر٥٧٧	١٣ر٤٩٦
	ص	—٢٠ر٢٥٣	—٩ر٢٨٥	١ر٥٩٦	١٢ر٥٠٠	٢٣ر٤٢٣
٣٦	س	٢٨ر٣٢٤	٢٥ر٨٩٧	٢٣ر٢٤٦	٢٠ر٦٨٤	١٧ر٩٢٣
	ص	—١٨ر٨٩٦	—٨ر٠٤٤	٢ر٧٧٧	١٣ر٥٧١	٢٤ر٣٤٣

مثال : مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات الحالة الثانية بمقيـــاس ١ : ٢$\frac{١}{٢}$ مليون ، فيه العرض الرئيسى ٣٨° شمال والطول الأوسط ١٠٠° غرب

ن = ٢٥٤٫٨٠ سم

ثابت المخروط = جتا^{٢} $\frac{٩٠ - ٣٨}{٢}$ = ٠٫٨٠٧٨٣

الطول ٩٨° λ = ٢ ⟵ λ´ = ١٫٦١٥٦٦

« ٩٦° λ = ٤ ⟵ λ´ = ٣٫٢٣١٣٢

« ٩٤° λ = ٦ ⟵ λ´ = ٤٫٨٤٦٩٨

« ٩٢° λ = ٨ ⟵ λ´ = ٦٫٤٦٢٦٤

« ٩٠° λ = ١٠ ⟵ λ´ = ٨٫٠٧٨٣٠

نق$_{٤٢}$ = ٢ نق حا $\frac{٤٨}{٢}$ قا $\frac{٥٢}{٢}$ = ٢٣٠٫٩١٢٢

نق$_{٤٠}$ = ٢ نق حا $\frac{٥٠}{٢}$ قا $\frac{٥٢}{٢}$ = ٢٣٩٫٦١١٦٩

نق$_{٣٨}$ = ٢ نق حا $\frac{٥٢}{٢}$ قا $\frac{٥٢}{٢}$ = ٢٤٨٫٥٠٤٨٠

نق$_{٣٦}$ = ٢ نق حا $\frac{٥٤}{٢}$ قا $\frac{٥٢}{٢}$ = ٢٥٧٫٤٠٤٤

لق$_{٣١}$ = ٢نق حا $\frac{٥٦}{٢}$ قا $\frac{٥٢}{٢}$ = ٢٦٦٫١٨١٩

وباتخاذ خط الطول الأوسط (١٠٠° غرب) محورا للصادات وتكون نقطة الاصل عند العرض الرئيسى ٣٨° شمال

س = لق$_{\varphi}$ حا λَ

ص = لق$_{٣٨}$ — لق$_{\varphi}$ جتا λَ

احداثيات النقطة (عرض ٤٠° شمال ، طول ٩٦° غرب)

س = لق$_{٤٠}$ حا ٣٫٢٢١٣٢° = ١٣٫٥٠٧سم

ص = لق$_{٣٨}$ — لق$_{٤٠}$ حتا ٣٫٢٣١٣٢° = ٩٫٣١٣سم

احداثيات النقطة (عرض ٣٤ شمال ، طول ٩٢ غرب)

س = لق$_{٣٤}$ جا ٦٫٤٦٢٦٤ = ٢٩٫٩٦٠سم

ص = لق$_{٣٨}$ — لق$_{٣٤}$ حتا ٦٫٤٦٢٦٤ = —١٥٫٩٤٢سم

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول المبين فى صفحة ٢٠٢

طول \ عرض		٤٢	٤٠	٣٨	٣٦	٣٤
٩٨	س	٦ر٥٠٢	٦ر٧٥٦	٧ر٠٠١	٧ر٢٥٧	٧ر٥٠٥
	ص	١٨ر٠٢٨	٩ر٠٢٧	٠ر٠٩٩	— ٨ر٧٥٤	— ١٧ر٥٢٨
٩٦	س	١٢ر٩٩٩	١٣ر٠٠٧	١٤ر٠١٠	١٤ر٥٠٩	١٥ر٠٠٤
	ص	١٨ر٣٠٣	٩ر٣١٣	٠ر٣٩٥	— ٨ر٤٤٧	— ١٧ر٢١٠
٩٤	س	١٩ر٤٨٦	٢٠ر٢٤٦	٢١ر٠٠١	٢١ر٧٤٩	٢٢ر٤٩١
	ص	١٨ر٧٦١	٩ر٧٨٨	٠ر٨٨٩	— ٧ر٩٣٥	— ١٦ر٦٨٢
٩٢	س	٢٥ر٩٥٧	٢٦ر٩٧٠	٢٧ر٩٧٥	٢٨ر٩٧٢	٢٩ر٩٦٠
	ص	١٩ر٤٠٢	١٠ر٤٥٤	١ر٥٧٩	— ٧ر٢٢٠	— ١٥ر٩٤٣
٩٠	س	٣٢ر٤٠٧	٣٣ر٦٧٣	٣٤ر٩٢٨	٣٦ر١٧٢	٣٧ر٤٠٦
	ص	٢٠ر٢٢٥	١١ر٣٠٩	٢ر٤٦٦	— ٦ر٣٠٢	— ١٤ر٩٩٢

مثال مسقط الارز المخروطى المسارى للمساحات بعرضين رئيسيين ٤٠° ،

٥٠ شمال بمقياس ١ : ٥ مليون والطول الأوسط ١٥° شرق

نق = ١٢٧ر٤ سم

ثابت المخروط = $\frac{\text{جا ٤٠° + جا ٥٠°}}{٢}$ = ٠ر٧٠٤٤٢

الطول ٢٠° شرق λ = ٥ ⟵ λ´ = ٣ر٥٢٢٠٨°

« ٢٥ « λ = ١٠ ⟵ λ´ = ٧ر٠٤٤١٦°

« ٣٠ « λ = ١٥ ⟵ λ´ = ١٠ر٥٦٦٢٤°

« ٣٥ « λ = ٢٠ ⟵ λ´ = ١٤ر٠٨٨٣٢

« ٤٠ « λ = ٢٥ ⟵ λ´ = ١٧ر٦١٠٤٠

نق١ = نق جتا ٤٠° / ٠ر٧٠٤٤٢ = ١٣٨ر٥٤٥ سم

نقφ = √(نق٢٤٠ — (٢ نق٢ / ٠ر٧٠٤٤٢) (حا φ — حا ٤٠))

ومنها نحصل على : نق٣٠ = ١٤٩ر٦١٣٣ نق٤٠ = ١٢٧ر٣٩٩٠

نق٥٠ = ١١٦ر٢٥٢٨ نق٦٠ = ١٠٥ر٢٠١٦

وباتخاذ خط الطول الأوسط محورا للصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض ٤٠° شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتى :

س = نقφ حا λ̄

ص = نق٤٠ — نقφ جتا λ̄

أحداثيات النقطة (عرض ٥٠° شمال ، طول ٣٠° شرق)

س = نق٥٠ جا ١٠ر٥٦٦٢٤° = ٢١ر٣١٧٥ سم

ص = نق٤٠ — نق٥٠ جتا ١٠ر٥٦٦٢٤° = ٢٤ر٢٦٣٤ سم

أحداثيات النقطة (عرض ٣٠° شمال ، طول ٤٠° شرق)

س = نق٣٠ × حا ١٧ر٦١٠٤٠° = ٤٥ر٢٦٤٤ سم

ص = نق٤٠ — نق٣٠ جتا ١٧ر٦١٠٤٠° = — ٤ر٠٥٦٨ سم

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتى :

طول / عرض		٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥
٢٠	س	٩ر١٩١	٨ر٥١١	٧ر٨٢٧	٧ر١٤٢	٦ر٤٦٣
	ص	—١٠ر٧٨٦	٠ر٢٦٢	١١ر٢٨٧	٢٢ر٥١٢	٣٣ر٥٤٢
٢٥	س	١٨ر٣٤٨	١٦ر٩٩٠	١٥ر٦٢٣	١٤ر٢٥٧	١٢ر٩٠٦
	ص	—٩ر٩٣٩	١ر٠٤٦	١٢ر١٠٨	٢٣ر١٧٠	٣٤ر١٢٧
٣٠	س	٢٧ر٤٣٥	٢٥ر٠٤٥	٢٣ر٣٦١	٢١ر٣١٨	١٩ر٢٩١
	ص	—٨ر٥٣١	٢ر٣٤٩	١٢ر٣٠٦	٢٤ر٢٦٣	٣٥ر١٢٧
٣٥	س	٣٦ر٤١٨	٣٣ر٧٢٤	٣١ر٠١١	٢٨ر٢٩٨	٢٥ر٦٠٧
	ص	—٩ر٥٦٨	٤ر١٦٧	١٤ر٩٧٨	٢٥ر٧٨٩	٣٦ر٥٠٨
٤٠	س	٤٥ر٢٦٤	٤١ر٩١٦	٣٨ر٥٤٤	٣٥ر١٧١	٣٨ر٢٧٤
	ص	—٤ر٠٥٧	٦ر٤٩٣	١٧ر١١٦	٧٢ر٧٤٠	٣٨ر٢٧٤

مثال : مسقط مخروطي تشابهي فيه العرض الرئيسي ٥٥° شمال بمقياس ١ : ٢ مليون والطول الأوسط ٦° غرب

نق = ٢١٨ر٥٠ سم

ثابت المخروط = حا ٥٥ = ٠ر٨١٩١٥

الطول ٤° غرب λ = ٢°   λ' = ١ر٦٣٨٣٠°

» ٢ غرب λ = ٤   λ' = ٣ر٢٧٦٦١

» صفر λ = ٦   λ' = ٤ر٩١٤٩١

» ٢ شرق λ = ٨   λ' = ٦ر٥٥٣٢١

» » λ = ١٠   λ' = ٨ر١٩١٥٢

نق$_{٥٥}$ = نق ظتا ٥٥ = ٢٢٣ر٠١٦١ سم

$$نق_{\varphi} = نق_{٥٥} \left[\frac{ظا \frac{٩٠ - \varphi}{٢}}{ظا \frac{٩٠ - ٥٥}{٢}} \right]^{حا ٥٥}$$

ومن تلك العلاقة نحصل على قيم انصاف أقطار دوائر العرض

نق$_{٥٠}$ = ٢٥٠ر٨٤٤٨   نق$_{٥٢}$ = ٢٣٩ر٧٠٠٢

نق$_{٥٤}$ = ٢٢٨ر٥٧٥٣   نق$_{٥٦}$ = ٢١٧ر٤٥٦٩

نق$_{٥٨}$ = ٢٠٦ر٣٣١٧   نق$_{٦٠}$ = ١٩٥ر١٨٥٢

وباتخاذ خط الطول الأوسط ٦° غرب محورا للصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض ٥٥° شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتى :

س = نق$_{\varphi}$ جا λ'

ص = نق$_{٥٥}$ — نق$_{\varphi}$ جتا λ'

احداثيات النقطة (عرض ٥٢° شمال ، طول ٤° غرب)

س = نق$_{٥٢}$ جا ١ر٦٣٨٣ = ٦ر٨٥٣٠

ص = ٢٢٣ر٠١٦١ — نق$_{٥٢}$ جتا ١ر٦٣٨٣ = — ١٦ر٥٨٦١

احداثيات النقطة (عرض ٦٠° شمال ، طول ٢° شرق)

س = نق$_{٦٠}$ حا ٦ر٥٥٢٢١° = ٢٢ر٢٧٥٧

ص = ٢٢٣ر٠١٦١ — نق$_{٦٠}$ جتا ٦ر٥٥٢٢١° = ٢٩ر١٠٦٢

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي :

طول \ عرض		٥٠	٥٢	٥٤	٥٦	٥٨	٦٠
٦ غرب	س	٠٫٠٠٠	٠٫٠٠٠	٠٫٠٠٠	٠٫٠٠٠	٠٫٠٠٠	٠٫٠٠٠
	ص	— ٢٧٫٨٢٩	— ١٦٫٦٨٤	— ٥٫٥٥٩	٥٫٥٥٩	١٦٫٦٨٤	٢٧٫٨٣١
٤ غرب	س	٧٫١٧٢	٦٫٨٥٣	٦٫٤٣٥	٦٫٢١٧	٥٫٨٩٩	٥٫٥٨٠
	ص	— ٢٧٫٧٢٦	— ١٦٫٨٥٦	— ٥٫٤٦٦	٥٫٦٤٨	١٦٫٧٦٩	١٧٫٩١١
٢ غرب	س	١٤٫٣٣٧	١٣٫٧٠٠	١٣٫٠٦٥	١٢٫٤٢٩	١١٫٧٩٣	١١٫١٥٦
	ص	— ٢٧٫٤١٩	— ١٦٫٢٩٢	— ٥٫١٨٦	٥٫٩١٥	١٧٫٠٢٢	٢٨٫١٥٠
صفر	س	٢١٫٤٩١	٢٠٫٥٣٧	١٩٫٥٨٣	١٨٫٦٣١	١٧٫٦٧٨	١٦٫٧٢٣
	ص	— ٢٦٫٩٠٦	— ١٥٫٨٠٣	— ٤٫٧١٩	٦٫٣٥٩	١٧٫٤٤٣	٢٨٫٥٤٩
٢ شرق	س	٢٨٫٦٢٨	٢٧٫٣٥٦	٢٦٫٠٨٦	١٤٫٨١٧	٢٣٫٥٤٨	٢٢٫٢٧٦
	ص	— ٢٦٫١٩٠	— ١٥٫١١٨	— ٤٫٠٦٦	٦٫٩٨٠	١٨٫٠٣٣	٢٩٫١٠٦
٤ شرق	س	٣٥٫٧٤١	٣٤٫١٥٣	٣٢٫٥٧٠	٣٠٫٩٨٤	٢٩٫٣٩٩	٢٧٫٨١٠
	ص	— ٢٥٫٢٦٩	— ١٤٫٢٣٩	— ٣٫٢٢٧	٧٫٧٧٨	١٨٫٧٩٠	٢٩٫٨٢٢

مثال : مسقط مخروطي تشابهي بعرضين رئيسيين ٣٨° ، ٤٥° شمال بمقياس ١ : ٢ مليون والطول الأوسط ١٢° شرق .

$$\text{نق} = \text{٣١٨ر٥ سم}$$

$$\text{ثابت المخروط جا}\,\alpha = \frac{\text{لو جا ٥٢} - \text{لو جا ٤٥}}{\text{لو ظا }\frac{\text{٥٢}}{\text{٢}} - \text{لو ظا }\frac{\text{٤٥}}{\text{٢}}} = \text{٠ر٦٦٣٠٢٣}$$

$$\alpha = \text{٤١ر٥٣١٦}^\circ$$

$$\text{نق}_\alpha = \text{نق ظتا}\,\alpha = \text{٣٥٩ر٠٩٨٩}$$

$$\text{نق}_{\text{٣٨}} = \text{نق}_\alpha \frac{\text{جا ٥٢}^\circ}{\text{جا ٤١ر٥٣١٦}^\circ} = \text{٤٢٧ر٣٨١١}$$

$$\text{نق}_\phi = \text{نق}_{\text{٣٨}} \left[\frac{\text{ظا }\frac{\text{٩٠} - \phi}{\text{٢}}}{\text{ظا }\frac{\text{٥٢}}{\text{٢}}} \right]^{\text{جا}\,\alpha}$$

ومنها نحصل على

$$\text{نق}_{\text{٤٠}} = \text{٤١٤ر٨٢٩٤} \qquad \text{نق}_{\text{٤٢}} = \text{٤٠٢ر٣٠٩٣}$$

$$\text{نق}_{\text{٤٤}} = \text{٣٨٩ر٧٧٠٦} \qquad \text{نق}_{\text{٤٦}} = \text{٣٧٧ر٢٢٢٥}$$

$$\text{نق}_{\text{٤٨}} = \text{٣٦٤ر٦٣٣٩}$$

الطول ١٥ شرق λ = ٢ ⟵ $\acute{\lambda}$ = ١٫٣٢٦٠٦٦°

» ١٧ » λ = ٤ ⟵ $\acute{\lambda}$ = ٢٫٩٥٢١٣٢

» ١٩ » λ = ٦ ⟵ $\acute{\lambda}$ = ٣٫٩٧٨١٩٨

وباتخاذ خط الطول الأوسط ١٣° شرق محورا للصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض ٣٨° شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي :

س = نق$_{\text{ه}}$ جا $\acute{\lambda}$

ص = نق$_{٣٨}$ — نق$_{\text{ه}}$ جتا $\acute{\lambda}$

أحداثيات النقطة (عرض ٤٤° شمال ، طول ١٥° شرق)

س = نق$_{٤٤}$ جا ١٫٣٢٦٠٦٦° = ٩٫٠٢٠٢

ص = نق$_{٣٨}$ — نق$_{٤٤}$ جتا ١٫٣٢٦٠٦٦° = ٣٧٧٫٠٩٩

أحداثيات النقطة (عرض ٤٨° شمال ، طول ١٩° شرق)

س = نق$_{٤٨}$ جا ٢٫٩٧٨١٩٨° = ٢٥٫٢٩٧٢

ص = نق$_{٣٨}$ — نق$_{٤٨}$ جتا ٢٫٩٧٨١٩٨° = ٦٣٫٦٢٥٧

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي :

عرض / طول		٣٨	٤٠	٤٢	٤٤	٤٦	٤٨
١٣	س	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	٠ر٠٠٠
	ص	٠ر٠٠٠	١٢ر٥٤٢	٢٥ر٠٧٢	٣٧ر٦٠٦	٥٠ر١٥٩	٦٢ر٧٤٧
١٥	س	٩ر٨٩١	٩ر٦٠٠	٩ر٣١٠	٩ر٠٢٠	٨ر٧٣٠	٨ر٤٣٨
	ص	٠ر١١٤	١٢ر٦٥٣	٢٥ر١٨٠	٣٧ر٧١٠	٥٠ر٢٦٠	٦٢ر٨٤٥
١٧	س	١٩ر٧٧٦	١٩ر١٩٥	١٨ر٦١٦	١٨ر٠٣٦	١٧ر٤٥٥	١٦ر٨٧٢
	ص	٠ر٤٥٨	١٢ر٩٨٦	٢٥ر٥٠٣	٣٨ر٠٢٣	٥٠ر٥٦٣	٦٣ر١٣٨
١٩	س	٢٩ر٦٥٠	٢٨ر٧٨٠	٢٧ر٩١١	٢٧ر٠٤١	٢٦ر١٧١	٢٥ر٢٩٧
	ص	١ر٠٣٠	١٣ر٥٤١	٢٦ر٠٤١	٣٨ر٥٤٥	٥١ر٠٦٨	٦٣ر٦٢٦

الباب الثامن

مساقط الخرائط المساحيه

إن الخاصيه الرئيسيه التي يجب توافرها في الخرائط المساحية هي خاصية التشابه . أي أن الزوايا على الخريطة المرسومة عند نقطة معينة تكون مساوية للزوايا المناظرة على سطح الأرض. والحكمة في ذلك هو أن جميع عمليات المساحة تعتمد على الزوايا. وحتى يمكن توقيع الزوايا على الخرائط يلزم توفر خاصية التشابه.

وقد يتبادر إلى ذهن القارىء استفهام يختص بموضوع الزيادة الكرية في زوايا المثلثات على سطح الأرض وذلك عند توقيع المثلثات على الخريطة المساحية .

والإجابة على ذلك بسيطة وهي أن أضلاع المثلثات على سطح الأرض لا تسقط على هيئة خطوط مستقيمة على الخريطة .

والخريطة المساحية تكون عادة بمقاييس كبيرة بالمقارنة بالخرائط الجغرافية . ولا يوجد مقياس محدد يميز بين الخرائط المساحية والخرائط الجغرافية . وفي رأي الكاتب أن الخرائط المرسومة بمقياس أكبر من ١ : ربع مليون تعتبر خرائط مساحية ، وأن الخرائط المرسومة بمقياس أصغر من ١ : مليون تعتبر خرائط جغرافية .

وهذا التقسيم ليس قاطعا إذ أن خرائط الملاحة البحرية والجوية كثيرا ما ترسم بمقاييس أصغر من ١ : مليون وذلك عندما تغطي منطقة كبيرة من العالم وهذا النوع من الخرائط يخضع لقواعد الخرائط المساحية .

والمساقط التشابهية الأربعة هي :

١ — مسقط مركيتور من مجموعة المساقط الاسطوانية .

٢ — المسقط الاستريوجرافي من مجموعة المساقط الاتجاهية .

٣ — المسقط المخروطي التشابهي بعرض رئيسي واحد أو بعرضين رئيسيين (لامبرت) من مجموعة المساقط المخروطية .

٤ — مسقط مركيتور المستعرض .

وقد سبق شرح المساقط الثلاثة الأولى كما تم حساب أمثلة لكل منها على الشكل الكروي للأرض . وفي هذا البـــاب سنقوم بالتعرف على مسقط مركيتور المستعرض مع تطبيقه على شكل الأرض الشبه كروي كما سنقوم بتطبيق المساقط الثلاثة الأولى مرة أخرى على الشكل الشبه كروي للأرض .

سطح الأرض الشبه كروي .

شكل ٩٩

قطاع خط الطول

فى هذا الباب نستخدم شكل هايفورد (١٩١٠) لسطح الشبه كروى للأرض ويسمى الشكل الدولى . وفيه يكون

طول نصف المحور الأكبر (أ) للقطع الناقص ٦ ٣٧٨ ٣٨٨ متر

« « « الأصغر (ب) « « ٦٣٥٦ ٩١٢ «

$$\text{التناقص} = \frac{أ - ب}{أ} = \frac{1}{297}$$

$$\text{الاختلاف المركزى (ف)} = \sqrt{\frac{أ^2 - ب^2}{ب^2}} = ٠٫٠٨١٩٩١٧٨$$

$$ف^2 = ٠٫٠٠٦٧٢٢٦٥٣$$

المعادلة الهندسية التى تعطى شكل خط الطول هى $\frac{س^2}{أ^2} + \frac{ص^2}{ب^2} = 1$

زاوية العرض الجغرافى φ

ن نقطة على سطح الأرض . والمماس للقطع الناقص الذى يمثل خط طول النقطة ن يقع فى المستوى الأفقى للنقطة ن .

والعمودى على هذا المماس ويكون أيضا عموديا على المستوى الأفقى يشير إلى اتجاه السمت عند نقطة ن (الاتجاه الرأسى) . واتجاه السمت يصنع زاوية (ن له ح) مع مستوى الاستواء تسمى زاوية العرض الجغرافى .

واضح أن قيمة زاوية عرض مكان على سطح الأرض تساوى الزاوية عند هذا المكان بين اتجاه محوردوران الأرض بالمستوى الأفقى عند هذا المكان .

زاوية العرض المركزى ϕ'

نصف القطر الذى يمر بالنقطة ن يصنع زاوية (ن م ـ) مع مستوى الاستواء أسمى زاوية العرض المركزى .

العلاقة بين العرض الجغرافى والعرض المركزى

من شكل ٩٩

$$\text{ظا}\,\phi' = \frac{\text{ص}}{\text{س}} \quad , \quad \text{ظا}\,\phi = \text{ميل العمودى} = -\frac{\text{ء س}}{\text{ء ص}}$$

بتفاضل معادلة القطع الناقص لخط الطول وهى $\frac{\text{س}^2}{\text{أ}^2} + \frac{\text{ص}^2}{\text{ب}^2} = 1$

ينتج أن

$$\frac{2\,\text{س}}{\text{أ}^2} + \frac{2\,\text{ص}}{\text{ب}^2}\,\frac{\text{ء ص}}{\text{ء س}} = \text{صفر}$$

ومنها $\quad \frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{-\text{ء س}}{\text{ء ص}} \cdot \frac{\text{ب}^2}{\text{أ}^2}$

$$\text{ظا}\,\phi' = \text{ظا}\,\phi \cdot \frac{\text{ب}^2}{\text{أ}^2} = 0{,}99327733\ \text{ظا}\,\phi$$

ومن هذه العلاقة نحصل على الجدول فى الصفحة التالية :

زوايا العرض المركزى ϕ' المقابلة للعرض الجغرافى ϕ

ϕ	ϕ'	ϕ	ϕ'	ϕ	ϕ'
٥°	٤ر٩٦٦٥٥٥°	٣٥°	٣٤ر٨١٨٦٢٣	٦٥°	٦٤ر٨٥١٦٤٨
١٠	٩ر٩٣٤١١٧	٤٠	٣٩ر٨٠٩٨٠٧	٧٠	٦٩ر٨٧٥٤٦٦
١٥	١٤ر٩٠٣٦٦٦	٤٥	٤٤ر٨٠٦٧٦٠	٧٥	٧٤ر٩٠٣٠٩٧
٢٠	١٩ر٨٧٦٤٠٨	٥٠	٤٩ر٨٠٩٥٨٥	٨٠	٧٩ر٩٣٣٦٩٨
٢٥	٢٤ر٨٥٢٢٩٠	٥٥	٥٤ر٨١٨٢٠٥	٨٥	٨٤ر٩٦٦٣٣٢
٣٠	٢٩ر٨٣٢٩٣٢	٦٠	٥٩ر٨٣٢٣١٦	٩٠	٩٠ر٠

المسافة على خط الطول

نرمز إلى نصف قطر انحناء خط الطول بالرمز ρ ونرمز إلى طول قوس خط الطول بالرمز ل

تفاضل معادلة القطع الناقص لخط الطول تعطى

$$\frac{\text{ص}}{\text{س}} = -\frac{\text{ءس}}{\text{ءص}} \cdot \frac{\text{ب}^{2}}{\text{أ}^{2}} = \text{ظا}\,\phi \cdot \frac{\text{ب}^{2}}{\text{أ}^{2}}$$

$$\text{ص} = \frac{\text{ب}^{2}}{\text{أ}^{2}} \cdot \text{ظا}\,\phi \cdot \text{س} = (1 - \text{ف}^{2})\,\text{ظا}\,\phi \cdot \text{س}$$

وبذلك تكتب معادلة القطع الناقص على الصورة

$$\frac{\text{س}^{2}}{\text{أ}^{2}} + \frac{(1 - \text{ف}^{2})^{2}\,\text{ظا}^{2}\,\phi \cdot \text{س}^{2}}{\text{أ}^{2}\,(1 - \text{ف}^{2})} = 1$$

$$\text{س}^{2}\left[1 + \text{ظا}^{2}\,\phi - \text{ف}^{2}\,\text{ظا}^{2}\,\phi\right] = \text{أ}^{2}$$

$$\text{س}^{2}\left(\text{قا}^{2}\,\phi - \text{ف}^{2}\,\text{ظا}^{2}\,\phi\right) = \text{أ}^{2}$$

$$\text{س}^{2}\,\frac{1 - \text{ف}^{2}\,\text{حا}^{2}\,\phi}{\text{جتا}^{2}\,\phi} = \text{أ}^{2}$$

$$\text{س} = \frac{\text{أ}\,\text{جتا}\,\phi}{(1 - \text{ف}^{2}\,\text{حا}^{2}\,\phi)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{\text{د}\,\text{س}}{\text{د}\,\phi} = \frac{-\text{أ}\,(١ - \text{ف}^{٢})\,\text{جا}\,\phi}{(١ - \text{ف}^{٢}\,\text{جا}^{٢}\,\phi)^{\frac{٣}{٢}}}$$

$$\text{نصف قطر الانحناء}\ \rho = \frac{\text{د}\,\text{ل}}{\text{د}\,\phi} = \frac{\text{د}\,\text{ل}}{\text{د}\,\text{س}} \cdot \frac{\text{د}\,\text{س}}{\text{د}\,\phi}$$

$$\rho = \frac{-١}{\text{جا}\,\phi} \times \frac{-\text{أ}\,(١ - \text{ف}^{٢})\,\text{جا}\,\phi}{(١ - \text{ف}^{٢}\,\text{جا}^{٢}\,\phi)^{\frac{٣}{٢}}} = \frac{\text{أ}\,(١ - \text{ف}^{٢})}{(١ - \text{ف}^{٢}\,\text{جا}^{٢}\,\phi)^{\frac{٣}{٢}}}$$

والجدول فى الصفحة التالية يعطى قيمة ρ عند بعض العروض

نصف قطر الانحناء (ρ) لخط الطول عند العرض φ

العرض φ	نصف قطر الانحناء متر	العرض φ	نصف قطر الانحناء متر	العرض φ	نصف قطر الانحناء متر
صفر	٦٣٣٥ ٥٠٨٫٠٩	٢٠	٦٣٤٢ ٩٨٨٫٨٨	٤٠	٦٣٦١ ٩٩٦٫٨٥
٢	٦٣٣٥ ٥٨٥٫٩٩	٢٢	٦٣٤٤ ٤٨٤٫٠٥	٤٢	٦٣٦٤ ٢٢٠٫٨٢
٤	٦٣٣٥ ٨١٩٫١١	٢٤	٦٣٤٦ ٠٩٢٫٠٩	٤٤	٦٣٦٦ ٤٦٢٫٤٢
٦	٦٣٣٦ ٢٠٦٫٣١	٢٦	٦٣٤٧ ٨٠٥٫١٨	٤٦	٦٣٦٨ ٧١٠٫٩٧
٨	٦٣٣٦ ٧٤٥٫٨٦	٢٨	٦٣٤٩ ٦١٥٫٣٤	٤٨	٦٣٧٠ ٩٥٣٫٨٠
١٠	٦٣٣٧ ٤٣٥٫٠٣	٣٠	٦٣٥١ ٥١٣٫٥٦	٥٠	٦٣٧٣ ١٨٤٫٤٨
١٢	٦٣٣٨ ٢٧٠٫٧٩	٣٢	٦٣٥٣ ٤٩١٫٠١	٥٢	٦٣٧٥ ٣٨٧٫٦٩
١٤	٦٣٣٩ ٢٤٩٫١٣	٣٤	٦٣٥٥ ٥٣٨٫١٥	٥٤	٦٣٧٧ ٥٥٤٫٠٧
١٦	٦٣٤٠ ٣٦٥٫١٤	٣٦	٦٣٥٧ ٦٤٤٫٩٤	٥٦	٦٣٧٩ ٦٧٣٫١٦
١٨	٦٣٤١ ٦١٣٫٨٠	٣٨	٦٣٥٩ ٨٠١٫٣٤	٥٨	٦٣٨١ ٧٣٤٫١٧

طول القوس على خط الطـــول

ويكون طول القوس ل على خط الطول ابتداء من الاستواء

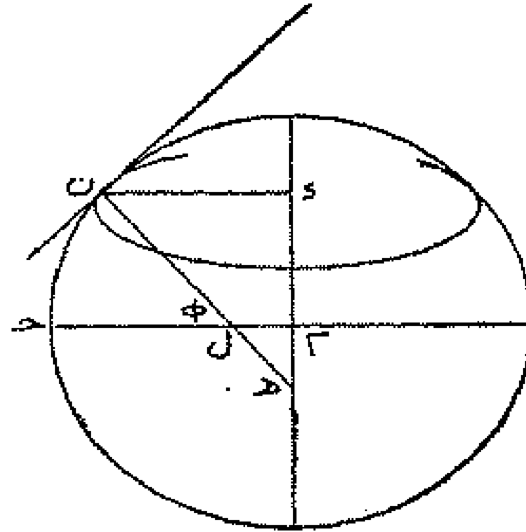
$$\int_{صفر}^{ل} ء\,ل = \int_{صفر}^{\phi} \rho\,ء\,\phi = \int_{صفر}^{\phi} \frac{ا\,(\;-\;ف^{٢})}{(١ - ف^{٢}\,حا^{٢}\phi)^{\frac{٣}{٢}}}\,ء\,\phi$$

وبحل هذا التكامل نحصل على الجدول الآتي :

المسافات على خط الطول من الاستواء إلى العرض φ

العرض φ	المسافة متر	العرض φ	المسافة متر	العرض φ	المسافة متر
٢	٢٢١ ١٥١٫٨٦	٢٢	٢٤٣٣ ٨٣١٫٨٧	٤٢	٤٦٥١ ٧١٩٫٢٩
٤	٤٤٢ ٣٠٩٫١٥	٢٤	٢٦٥٥ ٣٢٣٫٨٩	٤٤	٤٨٧٣ ٩١١٫٦٠
٦	٦٦٣ ٤٧٧٫٢٧	٢٦	٢٨٧٦ ٨٧٣٫٩٠	٤٦	٥٠٩٦ ١٨٢٫٣٠
٨	٨٨٤ ٦٦١٫٥٧	٢٨	٣٠٩٨ ٤٨٥٫٤٢	٤٨	٥٣١٨ ٥٣١٫٤٥
١٠	١١٠٥ ٨٦٧٫٣٣	٣٠	٣٣٢٠ ١٦١٫٧٠	٥٠	٥٥٤٠ ٩٥٨٫٧١
١٢	١٣٢٧ ٠٩٩٫٧١	٣٢	٣٥٤١ ٩٠٥٫٦٥	٥٢	٥٧٦٣ ٤٦٣٫٣٦
١٤	١٥٤٨ ٣٦٣٫٧٧	٣٤	٣٧٦٣ ٧١٩٫٨٦	٥٤	٥٩٨٦ ٠٤٤٫٣١
١٦	١٧٦٩ ٦٦٤٫٣٩	٣٦	٣٩٨٥ ٦٠٦٫٦١	٥٦	٦٢٠٨ ٧٠٠٫٠٩
١٨	١٩٩١ ٠٠٦٫٣١	٣٨	٤٢٠٧ ٥٦٧٫٧٩	٥٨	٦٤٣١ ٤٢٨٫٨٥
٢٠	٢٢١٢ ٣٩٤٫٠٣	٤٠	٤٤٢٩ ٦٠٤٫٩٦	٦٠	٦٦٥٤ ٢٢٨٫٤٠

المسافة على دائرة عرض



شكل ١٠٠

ن د فى الشكل يمثل نصف قطر دائرة العرض ف . (ع ف) .

ن د يمثل الاحداثى السينى للنقطة ن وسبق التعرف على قيمته بدلالة العرض الجغرافى ف

$$ع_{ف} = ن د = س = \frac{ا\ جتا\ ف}{(١ - ف^{٢}\ حا^{٢}\ ف)^{\frac{١}{٢}}}$$

ومن هذه العلاقة يمكن حساب أطوال المسافات على دوائر العرض . ومنها نحصل على الجدول فى الصفحة التالية: -

أنصاف أقطار دوائر العرض للأرض الشبه كروية (ى φ)

العرض φ	نصف القطر ى φ متر	العرض φ	نصف القطر ى φ متر	العرض φ	نصف القطر ى φ متر
صفر	٦٣٨٨ ٣٨٨٫٠٠	٢٠	٥٩٩٦ ٠٨٢٫١٨	٤٠	٤٨٩٢ ٩٢٨٫٨٠
٢	٥٣٧٤ ٥٢٨٫٥١	٢٢	٥٩١٦ ٧٢٩٫٨٥	٤٢	٤٧٤٧ ٢١٥٫٩٥
٤	٦٣٩٦ ٩٥٤٫٥٢	٢٤	٥٨٣٠ ١٩٠٫٣٣	٤٤	٤٥٩٥ ٦٨٨٫٦٧
٦	٦٣٤٣ ٦٧٩٫٤٣	٢٦	٥٧٣٦ ٥١٣٫٧٩	٤٦	٤٤٣٨ ٥٢٧٫٣٨
٨	٦٣١٦ ٧٢٥٫٢٢	٢٨	٥٦٣٥ ٩٥٩٫٢٨	٤٨	٤٢٧٥ ٩١٩٫٥٤
١٠	٦٢٨٢ ١٢٢٫٦٢	٣٠	٥٥٢٨ ٤٩٣٫٧٣	٥٠	٤١٠٨ ٠٥٩٫٩٩
١٢	٦٢٣٩ ٩١١٫٥٥	٣٢	٥٤١٤ ٢٩٢٫٧٤	٥٢	٣٩٣٥ ١٤٩٫٩٧
١٤	٦١٩٠ ١٤٠٫٥٣	٣٤	٥٢٩٣ ٤٩٠٫٠٨	٥٤	٣٧٥٧ ٣٩٧٫٨٧
١٦	٦١٣٣ ٨٦٦٫٤٤	٣٦	٥١٦٦ ٢٢٧٫٣٥	٥٦	٣٥٧٥ ٠١٨٫٠٧
١٨	٦٠٦٨ ١٥٥٫٤٢	٣٨	٥٠٣٢ ٦٥٤٫٣٥	٥٨	٣٣٨٨ ٢٣١٫٣٦

نصف قطر الانحناء العمودي ν

يسمى الطول ن هـ شكل ١٠٠ بنصف قطر الانحنـــاء العمودي ويرمز له بالرمز ν

ن هـ = ن و قا φ

$$ن\ هـ = \frac{١}{(١ - ف^٢ حا^٢ φ)^{\frac{١}{٢}}}$$

والجدول الآتي يعطي قيمة ν عند بعض العروض

نصف قطر الانحناء العمودي ك عند العرض φ

العرض φ	نصف قطر الانحناء العمودي متر	العرض φ	نصف قطر الانحناء العمودي متر	العرض φ	نصف قطر الانحناء العمودي متر
صفر	٦٣٧٨ ٣٨٨ر٠٠	٢٠	٦٣٨٠ ٨٩٧ر٣٨	٤٠	٦٣٨٧ ٢٦٤ر٩٢
٢	٦٣٧٨ ٤١٤ر٠٨	٢٢	٦٣٨١ ٣٩٨ر٧٠	٤٢	٦٣٨٨ ٠٠٩ر١٥
٤	٦٣٧٨ ٤٩٢ر٢١	٢٤	٦٣٨١ ٩٣٧ر٨٤	٤٤	٦٣٨٨ ٧٥٩ر٠٦
٦	٦٣٧٨ ٦٢٢ر١٩	٢٦	٦٣٨٢ ٥١٢ر٠٠	٤٦	٦٣٨٩ ٥١١ر١١
٨	٦٣٧٨ ٧٠٣ر٢٩	٢٨	٦٣٨٣ ١١٨ر٦٨	٤٨	٦٣٩٠ ٢٦١ر٤٩
١٠	٦٣٧٩ ٠٢٤ر٤٨	٣٠	٦٣٨٣ ٧٥٤ر٦٩	٥٠	٦٣٩١ ٠٠٦ر٨٠
١٢	٦٣٧٩ ٣١٤ر٨٩	٣٢	٦٣٨٤ ٤١٧ر٠٧	٥٢	٦٣٩١ ٧٤٣ر٠٧
١٤	٦٣٧٩ ٦٤٣ر١٩	٣٤	٦٣٨٥ ١٠٢ر٧٤	٥٤	٦٣٩٢ ٤٦٧ر٠٧
١٦	٦٣٨٠ ٠١٧ر٥٠	٣٦	٦٣٨٥ ٨٠٨ر١٩	٥٦	٦٣٩٣ ١٧٤ر٩٦
١٨	٦٣٨٠ ٤٣٦ر١٩	٣٨	٦٣٨٦ ٥٣٠ر٠٤	٥٨	٦٣٩٣ ٨٦٣ر٣٤

مسقط مركيتور
للأرض الشبه كروية

كما سبق فى حالة الأرض الكروية وبالرجوع إلى شكل ٣٧ وإلى علاقات التشابه

$$\frac{\text{ل َبَ}}{\text{ل ب}} = \frac{\text{ل َأَ}}{\text{ل أ}}$$

$$\text{ل َأَ} = \text{هـَ ءَ} = \text{هـ ء} = \text{أ} \cdot \Delta \lambda$$

$$\text{كذلك ل أ} = \text{س} \cdot \Delta \lambda = \frac{\text{أ جتا}\ \phi}{(\text{١} - \text{ف}^{٢}\ \text{حا}^{٢}\ \phi)^{\frac{١}{٢}}} \cdot \Delta \lambda$$

$$\text{، ل ب} = \text{م} \cdot \Delta \phi$$

$$\text{وبالتعويض ينتج أن} \quad \frac{\text{ل َبَ}}{\text{م} \cdot \Delta \phi} = \frac{\text{أ} \cdot \Delta \lambda}{\dfrac{\text{أ جتا}\ \phi \cdot \Delta \lambda}{(\text{١} - \text{ف}^{٢}\ \text{حا}^{٢}\ \phi)^{\frac{١}{٢}}}}$$

$$\text{ل َبَ} = \Delta\ \text{ص} = \text{م}\ (\text{١} - \text{ف}^{٢}\ \text{حا}^{٢}\ \phi)^{\frac{١}{٢}} \cdot \text{قا}\ \phi \cdot \Delta \phi$$

$$= \frac{\text{أ}(\text{١} - \text{ف}^{٢})\ \text{قا}\ \phi}{(\text{١} - \text{ف}^{٢}\ \text{حا}^{٢}\ \phi)}\ \Delta \phi$$

وباتخاذ الاستواء على الخريطة محورا للسينات وباتخاذ أى خط من خطوط الطول محورا للصادات وبإجراء التكامل

$$\int_{\text{٠}}^{\text{ص}} \text{ء ص} = \int_{\text{٠}}^{\Phi} \frac{\text{ا} (\text{١} - \text{ف}^{\text{٢}}) \text{قا} \Phi}{(\text{١} - \text{ف}^{\text{٢}} \text{حا}^{\text{٢}} \Phi)} \text{ ء} \Phi$$

ويكتب التكامل على الصورة

$$\text{ا} \int_{\text{٠}}^{\Phi} \left(\frac{\text{١}}{\text{١} - \text{جا}^{\text{٢}} \Phi} - \frac{\text{ف}^{\text{٢}}}{\text{١} - \text{ف}^{\text{٢}} \text{حا}^{\text{٢}} \Phi} \right) \text{جتا} \Phi \text{ ء} \Phi$$

وبوضع جا ψ = ف حا Φ فى الكسر الثانى للتكامل

$$\text{ص} = \text{ا} \int_{\text{٠}}^{\Phi} \frac{\text{جتا} \Phi}{\text{١} - \text{حا}^{\text{٢}} \Phi} \text{ ء} \Phi - \text{ا} \int_{\text{٠}}^{\psi} \frac{\text{ف جتا} \psi}{\text{١} - \text{حا}^{\text{٢}} \psi} \text{ ء} \psi$$

$$= \text{ا لو}_{\text{هـ}} \text{ ظا} \left(\frac{\text{ط}}{\text{٤}} + \frac{\Phi}{\text{٢}} \right) - \text{ا ف لو}_{\text{هـ}} \text{ ظا} \left(\frac{\text{ط}}{\text{٤}} + \frac{\psi}{\text{٢}} \right)$$

ويكتب أيضا على الصورة

$$\text{ص} = \text{ا لو}_{\text{هـ}} (\text{ظا} \Phi + \text{قا} \Phi) - \text{ا ف لو}_{\text{هـ}} (\text{ظا} \psi + \text{قا} \psi)$$

ولتصغير حجم الخريطة حتى تقترب أبعادها من الأبعاد الحقيقية على الأرض تصبح

$$ص = ع \text{جتا} \phi_\circ \left[\text{لو}_{هـ} \text{ظا} \left(\frac{ط}{٤} + \frac{\phi}{٢} \right) - \text{ف لو}_{هـ} \text{ظا} \left(\frac{ط}{٤} + \frac{\phi}{٢} \right) \right]$$

$$\text{أو } ص = ع \phi_\circ \left[\text{لو}_{هـ} \left(\text{ظا} \phi + \text{قا} \phi \right) - \text{ف لو}_{هـ} \left(\text{ظا} \phi + \text{قا} \phi \right) \right]$$

حيث $\phi_\circ$ هو العرض الأوسط في الخريطة

وبالطبع $س = ع \phi_\circ \cdot \Delta \lambda$

مثال :

خريطة مسقط مركيتور يحدها شمالا العرض ٥٨° شمال وجنوبا العرض ٣٦° شمال . ويحدها شرقا الطول ١٠° غرب ويحدها غربا الطول ٤٨° غرب والمقياس ١ : ٢ مليون

الاتساع الطولي $\Delta \lambda$ = ٤٨ — ١٠ = ٣٨° طولية

العرض الأوسط = ٤٧°

نصف قطر العرض ٤٧° (نق٤٧) = $\dfrac{\text{ا جتا ٤٧}}{(\text{١ - ف}^{٢}\text{ حا}^{٢}\text{ ٤٧})^{\frac{١}{٢}}}$

= ٤٣٥ ٧٨٩٢ر٢٦ متر

نق٤٧ = ٨٩٤٦ ر ٢١٧ سم بالمقياس المطلوب

إمتداد الخريطة مع درجات الطول = نق٤٧ × ٥ × λ × $\dfrac{\text{ط}}{١٨٠}$

= ٥١٣ ر ١٤٤ سم

ψ٣٦ = حا$^{-١}$ (ف حا ٣٦°) = ٣٥٧ ٧٦٢ ر ٢°

ψ٥٨ = حا$^{-١}$ (ف حا ٥٨) = ١٦٣ ٩٨٧ر٣°

العنصر المركيتورى من الاستواء إلى العرض ٣٦°

$= \left[\dfrac{\text{لو ظا}}{\text{هـ}} \left(٤٥ + \dfrac{٣٦}{٢}\right) - \dfrac{\text{ف لو ظا}}{\text{هـ}} \left(٤٥ + \dfrac{٢ر٧٦٢٣٥٧}{٢}\right) \right]$

= ٩ ٢ ٠٦٧٠٣ر٠

العنصر المركيتورى من الاستواء إلى العرض ٥٨°

$= \left[\dfrac{\text{لو ظا}}{\text{هـ}} \left(٤٥ + \dfrac{٥٨}{٢}\right) - \dfrac{\text{ف لو ظا}}{\text{هـ}} \left(٤٥ + \dfrac{٣ر٩٨٧١٦٣}{٢}\right) \right]$

= ٥٠٢ ١ر٢٤٣٤

إمتداد الخريطة مع درجات العرض

= نق١ × فرق العنصرين المركيتوريين

= نق١١ (١٫٢٤٣٤٠٥٠٢ — ٣٢٠٩ ٠٫٠٦٧) = ١٢٤٫٨٨١٨ سم

العنصر المركيتوري

يتضح من المثال السابق أن العنصر المركيتوري من الاستواء إلى العرض φ ثابت القيمة ويساوى

لو ظا هـ (٤٥ + φ/٢) — ف لو ظا هـ (٤٥ + ψ/٢)

وعلى ذلك يمكن وضع تلك القيم فى صورة جدول يستخدم بصفة دائمة لحساب المسقط .

جدول العناصر المركيتورية من الاستواء إلى العرض ϕ

$$\text{س} = \text{لو}_{\text{هـ}}\ \text{ظا}\left(٤٥ + \frac{\phi}{٢}\right) - \text{ف}\ \text{لو}_{\text{هـ}}\ \text{ظا}\left(٤٥ + \frac{\psi}{٢}\right)$$

العرض ϕ	العنصر المركيتوري	العرض ϕ	العنصر المركيتوري	العرض ϕ	العنصر المركيتوري
٢	٠ر٠٣٤٦ ٧٩٠٧	٢٢	٠ر٣٩١٢ ٠١٨٣	٤٢	٠ر٨٠٤٦ ٦٤٣٦
٤	٠ر٠٧٩٤ ٠١٠٠	٢٤	٠ر٤٢٨٩ ٥٩٣٧	٤٤	٠ر٨٥٢٢ ٢٧٥٥
٦	٠ر١٠٤٢ ٠٨٩٤	٢٦	٠ر٤٦٧٢ ٦٤٤٠	٤٦	٠ر٩٠١٤ ٣٣٩٧
٨	٠ر١٣٩١ ٤٦٦٠	٢٨	٠ر٥٠٦٢ ٣٤٦٣	٤٨	٠ر٩٥٢٤ ٦٤٧٦
١٠	٠ر١٧٤٢ ٥٨٣٩	٣٠	٠ر٥٤٥٩ ٤٢٩٣	٥٠	١ر٠٠٥٥ ٢٦٥٣
١٢	٠ر٢٠٩٥ ٨٩٨٤	٣٢	٠ر٥٨٦٤ ٦٨١٨	٥٢	١ر٠٦٠٨ ٥٦٧٩
١٤	٠ر٢٤٥١ ٨٧٩٢	٣٤	٠ر٦٢٧٨ ٩٩٢١	٥٤	١ر١١٨٧ ٣٠٤٨
١٦	٠ر٢٨١١ ٠١٢١	٣٦	٠ر٦٧٠٢ ٢٠٩٢	٥٦	١ر١٧٩٤ ٦٨٧٥
١٨	٠ر٣١٧٣ ٨٠٤١	٣٨	٠ر٧١٥٢ ٢٧١٣	٥٨	١ر٢٤٣٤ ٥٠٢٤
٢٠	٠ر٣٥٤٠ ٧٨٦٢	٤٠	٠ر٧٥٨٥ ٨٤٣٩	٦٠	١ر٣١١١ ٢٦٠٨

المسقط الاستريوجرافى
للأرض الشبه كرويه

يستخدم هذا المسقط للخرائط المساحية لدولة صغيرة المساحة ، أى صغيرة الامتداد مع درجات الطول ومع درجات العرض .

ويتم اتخاذ مركز الخريطة عند نقطة تقع عند مركز الدولة .

وفى هذه الحالة يمكن اعتبار أن سطح الأرض على شكل كرة وان تظهر أية أخطاء طالما لاتبتعد كثيرا عن مركز الخريطة .

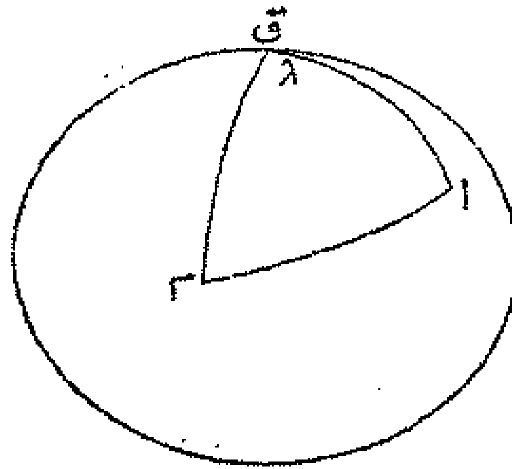
ويكون نصف قطر الكرة (نق) فى هذه الحالة مساويا للجذر التربيعى لحاصل ضرب نصف قطر انحناء خط الطول (م) فى نصف قطر الانحناء العمود (ν) ، وذلك عند مركز الخريطة

$$\text{نق} = \sqrt{\text{م} \cdot \nu}$$

ويتم الحصول على قيم كل من م ، ν من الجداول السابقة إما مباشرة أو بطريق الاستكمال (التحشية) أو بحسابها فى حالة العروض الغير مبينة فى الجداول .

$$\text{م} = \frac{\text{أ}(١ - \text{ف}^٢)}{(١ - \text{ف}^٢ \text{حا}^٢ \phi)^{\frac{٣}{٢}}} \qquad \nu = \frac{\text{أ}}{(١ - \text{ف}^٢ \text{حا}^٢ \phi)^{\frac{١}{٢}}}$$

$$ق = \sqrt{م \cdot ٧} = \frac{ا\,(١ - ف^{٢})^{\frac{١}{٢}}}{(١ - ف^{٢}\,جا^{٢}\,د)}$$



شكل ١٠١

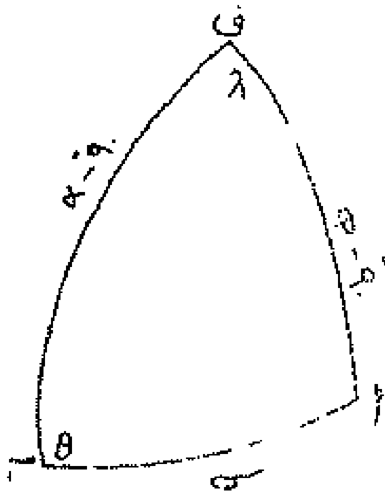
إذا كانت م مركز الخريطة الواقعة عند العرض α .

وكانت ا احدى نقط الهيكل الجغرافي الواقعة عند العرض φ .

وكانت الزاوية عند القطب ق بين خطي طول م ، ا هي λ .

يمكن حساب قيمة الضلع م ا بالدرجات (σ) وذلك من المثلث الكروى ق م ا . وكذلك يمكن حساب قيمة زاوية الاتجاه θ (زاوية ق م ا) .

في حالة المثلثات الصغيرة يحسن الحصول على قيمة زاوية الاتجاه θ أولا من العلاقة



$$\text{ظا}\ \theta = \frac{\text{جا}\ \lambda}{\text{جتا}\ \alpha\ \text{ظا}\ \varphi - \text{جا}\ \alpha\ \text{جتا}\ \lambda}$$

ثم نحصل على قيمة σ من العلاقة

$$\text{جا}\ \sigma = \frac{\text{جا}\ \lambda\ \text{جتا}\ \varphi}{\text{جا}\ \theta}$$

شكل ١٠٢

معادلات المسقط

يمكن تشبيه المسقط فى هذه الحالة بالحالة القطبية (أنظر صفحة ٨٧) . حيث تظهر نقطة أ َ على المسقط على مسافة م أ َ

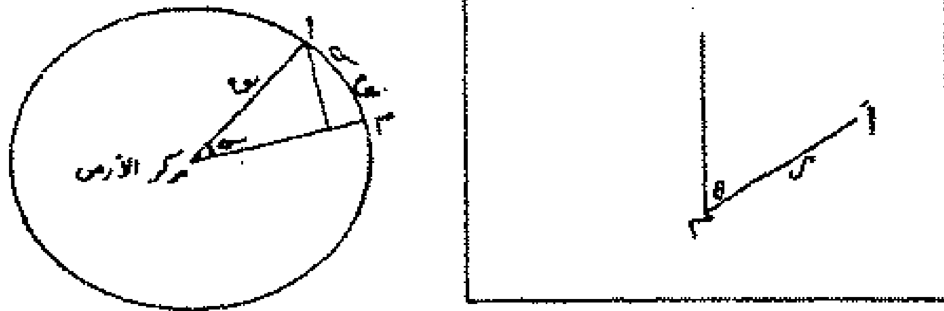
$$\text{م أَ} = ٢\ \text{نق ظا}\ \frac{٩٠ - \varphi}{٢} = ٢\ \text{نق ظا}\ \frac{\text{م أ}}{٢} = ٢\ \text{نق ظا}\ \frac{\sigma}{٢}$$

وتظهر زاوية الاتجاه θ بدون تغيير .

أما المعالجة الرياضية لمعادلات المسقط فتتم كالآتى :

طول القوس م أ على الأرض = نق . σ حيث σ الزاوية عند مركز الأرض .

طول المستقيم م أ َ على المسقط =



شـــكل ١٠٣

زاوية الاتجاه θ تظل كما هي بدون تغيير

للتشابه $\frac{\Delta \text{ر}}{\text{ر} \, \Delta \theta} = \frac{\text{نق} \; \Delta \; \text{ه}}{\text{نق جا ه} \, . \, \Delta \theta}$

$$\int \frac{\text{ء ر}}{\text{ر}} = \int \frac{\text{ء س}}{\text{جا ه}}$$

لو ر = لو ظا $\frac{\text{ه}}{٢}$ + ثابت (ث)

ر = ث ظا $\frac{\text{ه}}{٢}$

وعندما تكون ه صغيرة تكون ر = نق ه

وتكون ظا $\frac{\text{ه}}{٢} = \frac{\text{ه}}{٢}$

نق σ = ث . $\frac{\sigma}{٢}$ ومنها ث = ٢ نق

وتصبح مر = ٢ نق ظا $\frac{\sigma}{٢}$

التوقيـــع :

لسهولة توقيع النقط تستخدم الاحداثيات المتعامدة وتتخذ نقطة الأصـل عند مركز الخريطة ويكون خط طول نقطة الأصل محورا للصادات والعمودى عليه محورا للسينات وتكون

س = مر جا θ = ٢ نق ظا $\frac{\sigma}{٢}$ جا θ

ص = مر جتا θ = ٢ نق ظا $\frac{\sigma}{٢}$ جتا θ

مثـــال :

مركز الخريطة عند العرض ٤٨° شمال والطول ١٦° شرق .

مقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠٠٠٠

نق = $\sqrt{\text{م ν}}$ = ٦٣٨٠٦٠٠٫٣٤ متر

= ٢٥٥٢٫٢٤٠ سم بالمقياس المطلوب

لحساب المسافات والاتجاهات (σ و θ) من مركز الخريطة إلى النقطة (عرض ٤٩° شمال ، طول ١٧° شرق) ٨ = ١

$$\theta = \text{ظا}^{-1} \frac{\text{حا } ١^{\circ}}{\text{حا } ٤٨^{\circ} \text{ ظا } ٤٩^{\circ} - \text{حا } ٤٨ \text{ جتا } ١^{\circ}} = ٢٣٫١٥٥٨^{\circ}$$

$$\sigma = \text{جا}^{-1} \frac{\text{حا } ١^{\circ} \text{ جتا } ٤٩^{\circ}}{\text{حا } ٢٣٫١٥٥٨^{\circ}} = ١٫١٩٩٥٦^{\circ}$$

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل على الجدول الآتى :

الاتجاهات والمسافات

عرض / طول	٤٧°		٤٨°		٤٩°	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
١٦°	١٨٠ر٠٠٠٠٠°	١ر٠٠٠٠٠°	—	٠ر٠٠٠٠٠°	٠ر٠٠٠٠٠°	١ر٠٠٠٠٠°
١٧°	١٤٥ر٧٠٦١	١ر٢١٠٤	٨٩ر٦٢٨٤	٠ر٦٦٩١	٢٣ر١٥٥٨	١ر١٩٩٦
١٨°	١٢٥ر٧٦٤٤	١ر٦٨٠٩	٨٩ر٢٥٦٨	١ر٣٣٨٢	٥٢ر٢١٦٦	١ر٦٦٠١

ولحساب الاحداثيات المتعامدة

تتخذ نقطة الاصل عند مركز الخريطة (عرض ٤٨° شمال ، طول ١٦° شرق) وتتخذ محور الصادات على خط الطول ١٦° شرق والعمودى عليه محورا للسينات

وتكون معادلات التحويل من الاحداثيات القطبية (إتجاه θ ومسافة σ) إلى الاحداثيات المتعامدة (س ، ص) كالآتى :

$$\text{س} = \text{٢ نق ظا} \frac{\sigma}{\text{٢}} \text{ جا } \theta$$

$$\text{ص} = \text{٢ نق ظا} \frac{\sigma}{\text{٢}} \text{ جتا } \theta$$

النقطة (عرض ٤٩° شمال ، طول ١٧° شرق)

$$\text{س} = \text{٢} \times \text{٢٥٥٢٫٢٤} \times \text{ظا} \frac{\text{١٫١٩٩٦}^\circ}{\text{٢}} \times \text{جا ٣٣٫١٥٥٨} = \text{٢٩٫٢٢٦٢ سم}$$

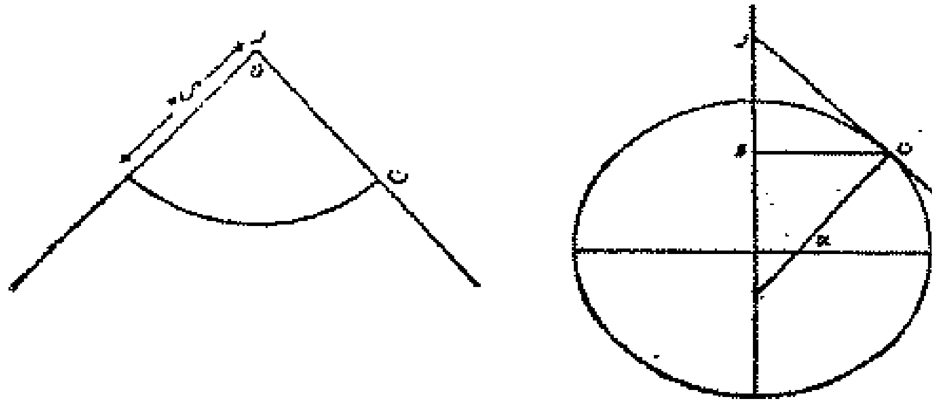
$$\text{ص} = \text{٢} \times \text{٢٥٥٢٫٢٤} \times \text{ظا} \frac{\text{١٫١٩٩٦}}{\text{٢}} \times \text{جتا ٣٣٫١٥٥٨} = \text{٤٤٫٧٣٧٧ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على قائمة الاحداثيات الآتية :

قائمـــة الاحداثيـــات المتعامدة

عرض / طول	٤٧°		٤٨°		٤٩°	
	س	ص	س	ص	س	ص
١٦	٠٠٫٠٠٠٠٠	— ٤٤٫٥٤٦١	٠٠٫٠٠٠٠٠	٠٫٠٠٠٠٠	٠٠٫٠٠٠٠٠	٤٤٫٥٤٦١
١٧	٣٠٫٣٨٠٢	— ٤٤٫٥٤٥٨	٢٩٫٨٠٤٨	٠٫١٩٣٣	٢٩٫٢٢٦٨	٤٤٫٧٣٧٧
١٨	٦٠٫٧٦٠٥	— ٤٣٫٧٦٤٥	٥٩٫٦٠٧٨	٠٫٧٧٢٣	٥٨٫٤٤٨٩	٤٥٫٣١٠٢

المسقط المخروطى التشابهى
أو
مسقط لامبرت المخروطى التشابهى
للأرض الشبه كروية



شكل ١٠٤

يرسم مخروط التماس حول دائرة العرض الرئيسى α .

وتكون زاوية رأس المخروط $\theta = \lambda$. حا α

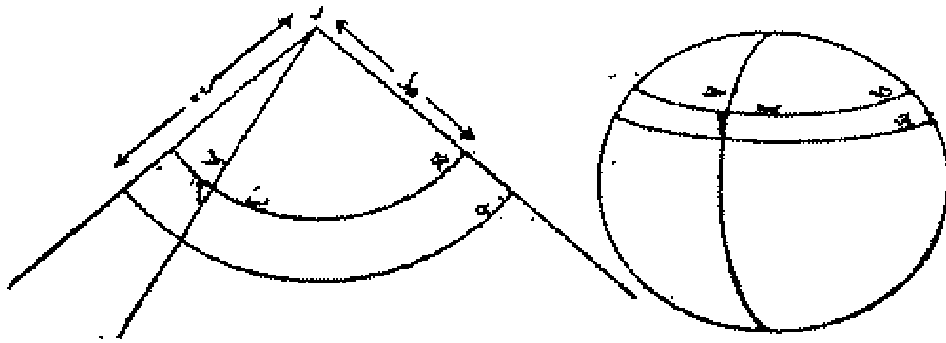
كما يكون نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسى على المسقط

$$ر_{\alpha} = ر ن = \frac{ن و}{حا\ \alpha} = \frac{ع\ \alpha}{حا\ \alpha} = \frac{ا\ ظتا\ \alpha}{(١ - ف^{٢} حا^{٢} \alpha)^{\frac{١}{٢}}}$$

ويمكن الحصول على هذه القيمة باستخدام الجدول فى صفحة ٢٢٢ والذى يعطى أنصاف أقطار دوائر العرض .

وبعد ذلك ترسم أقواس دوائر العرض الأخرى من مراكزها عند رأس المخروط (ر) وبحيث تحقق خاصية التشابه أى بحيث تعطى تناسبا فى الأبعاد .

وللحصول على قيمة نصف قطر دوائر العرض ϕ على المسقط (س) .



شكل ١٠٥

ا ، ب نقطتان على دائرة العرض ϕ على سطح الأرض وتبعدان عن بعضها بزاوية طول صغيرة مقدارها Δ λ .

ونقطة حـ على خط طول ا وتبعد عن ا بزاوية عرض صغيرة مقدارها Δ ϕ .

ونفرض أن اَ ، بَ ، حـَ هي مساقط ا ، ب ، حـ

ونفرض أن قيمة نصف قطر دائرة العرض ϕ على المسقط س

ا ب = قϕ . Δ λ

ا حـ = ρ . Δ ϕ

$$\text{أَحـَ} = -\Delta \text{ر}$$

$$\text{أَبَ} = \text{ر} \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta \theta = \Delta \lambda \cdot \text{حا}\ \alpha$$

خاصية التشابه تعطى $\dfrac{\text{أَحـَ}}{\text{أحـ}} = \dfrac{\text{أَبَ}}{\text{أب}}$

$$\frac{-\Delta \text{ر}}{\rho \cdot \Delta \phi} = \frac{\text{ر} \cdot \Delta \theta}{\text{ن}_\phi \cdot \Delta \lambda}$$

وبالتعويض عن $\Delta \theta = \Delta \lambda \cdot \text{حا}\ \alpha$

$$\frac{\Delta \text{ر}}{\text{ر}} = -\frac{\rho \cdot \Delta \phi\ \text{حا}\ \alpha}{\text{ن}_\phi}$$

$$= \frac{\text{أ}(1-\text{ف}^2)\ \text{حا}\ \alpha}{(1-\text{ف}^2\text{حا}^2\phi)^{\frac{3}{2}}} \times \frac{(1-\text{ف}^2\text{حا}^2\phi)^{\frac{1}{2}}}{\text{أ}\ \text{جتا}\ \phi}\ \Delta \phi$$

$$= -\frac{\text{حا}\ \alpha\ (1-\text{ف}^2)}{\text{جتا}\ \phi\ (1-\text{ف}^2\text{حا}^2\phi)}\ \Delta \phi$$

$$\frac{\Delta \text{ر}}{\text{ر}} = -\text{حا}\ \alpha \left[\frac{1}{1-\text{حا}^2\phi} - \frac{\text{ف}^2}{1-\text{ف}^2\text{حا}^2\alpha}\right] \times$$

$$\text{حا}\ \phi \cdot \Delta \phi$$

وباجراء التكامل

$$\int_{\alpha'}^{\phi'} \frac{\text{دس}}{\text{س}} = -\text{حا}\,\alpha \int_{\alpha}^{\phi} \left(\frac{1}{1-\text{حا}^2\phi} \times \frac{\text{ف}^2}{1-\text{ف}^2\text{حا}^2\phi} \right) \times \text{جتا}\,\phi \,.\, \text{د}\phi$$

وبوضع حا ψ = ف حا ϕ في الكسر الثاني للتكامل

وكذلك حا ψ' = ف حا α ينتج أن

$$\int_{\alpha'}^{\phi'} \frac{\text{دس}}{\text{س}} = -\text{حا}\,\alpha \int_{\alpha}^{\phi} \frac{\text{جتا}\,\phi}{1-\text{حا}^2\phi}\,\text{د}\phi + \text{حا}\,\alpha \int_{\psi'}^{\psi} \frac{\text{ف جتا}\,\psi}{1-\text{حا}^2\psi}\,\text{د}\psi$$

$$\Big[\text{لو س}\Big]_{\alpha'}^{\phi'} = -\text{حا}\,\alpha \Big[\text{لو ظا}\left(\frac{\text{ط}}{4} + \frac{\phi}{2}\right)\Big]_{\alpha}^{\phi}$$

$$+\,\text{ف حا}\,\alpha \Big[\text{لو ظا}\left(\frac{\text{ط}}{4} + \frac{\psi}{2}\right)\Big]_{\psi'}^{\psi}$$

$$\text{لو}\ \frac{\text{ر}_{\phi}}{\text{ر}_{\alpha}} = -\ \text{حا}\ \alpha \left[\text{لو}\ \frac{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\phi}{٢}\right)}{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\alpha}{٢}\right)} \right]$$

$$+\ \text{ف}\ \text{حا}\ \alpha \left[\text{لو}\ \frac{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\psi}{٢}\right)}{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\psi'}{٢}\right)} \right]$$

$$\text{ر}_{\phi} = \text{ر}_{\alpha} \left[\frac{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\alpha}{٢}\right)}{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\phi}{٢}\right)} \right]^{\text{حا}\ \alpha} \times \left[\frac{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\psi}{٢}\right)}{\text{ظا}\left(\frac{\text{ط}}{٤} + \frac{\psi'}{٢}\right)} \right]^{\text{ف}\ \text{حا}\ \alpha}$$

وكما هو الحال في المساقط المخروطية المرسومة بمقاييس كبيرة يتم حساب الاحداثيات المتعامدة للنقط التي تمثل الهيكل الجغرافي .

وتكون نقطة الأصل عند تقاطع الطول الأوسط مع العرض الرئيسي

وتكون س = $ر_\phi$ حا λ' حيث λ' = λ . حا α

، ص = $ر_\alpha$ − $ر_\phi$ جتا λ'

مثال : مسقط لامبرت المخروطي التشابهي بمقياس ١ : ٢٠٠٠٠٠٠ فيه العرض الرئيسي ٣٠° شمال والطول الأوسط ٢٧° شرق .

ثابت المخروط = جا ٣٠° = ٠,٥

الطول ٢٨° شرق λ = ١ λ' = ٠,٥°

، ٢٩° ، λ = ٢ λ' = ١,٠°

$ر_{٣٠}$ = $\frac{ق_{٣٠}}{حا ٣٠}$ = $\frac{٥٥٢٨٤٩٣,٧٣}{٠,٥}$ × $\frac{١٠٠}{٢٠٠٠٠٠٠}$

= ٥٥٢,٨٤٩٤٧ سم

العرض ٣١° ψ' = حا$^{-١}$ ف حا ٣٠° ψ' = ٢٩,٨٣٤٩٥٥٠°

ψ = حا$^{-١}$ ف حا ٣١ ψ = ٣٠,٨٢٠٢٥٧°

$$ر_{٣١} = ر_{٣٠} \times \left[\frac{ظا (٤٥ + \frac{٣٠}{٢})}{ظا (٤٥ + \frac{٣١}{٢})} \right]^{حا ٣٠}$$

$$\left[\frac{\text{ظا}\left(٤٥ + \frac{٢٫٤٢٠٢٠٧}{٢}\right)}{\text{ظا}\left(٤٥ + \frac{٢٫٣٤٩٥٥٠}{٢}\right)}\right]^{\text{ف حا } ٣٠}$$

$$= ٥٥٢٨٫٤٩٣٧ \times ٠٫٩٨٩٩٢٢٨٢ \times ١٫٠٠٠٠٠٠٦$$

$$= ٥٤٧٣٫٠٥٩٢ \text{ سم}$$

العرض ٢٩° $\quad \psi' = \text{حا}^{-١} \text{ ف حا } ٣٠ \quad \psi' = ٢٫٣٤٩٥٥٠°$

$\psi = \text{حا}^{-١} \text{ ف حا } ٢٩ \quad \psi = ٢٫٢٧٨١٢١$

$$\text{س}_{٢٩} = \text{س}_{٣٠} \times \left[\frac{\text{ظا}\left(٤٥ + \frac{٣٠}{٢}\right)}{\text{ظا}\left(٤٥ + \frac{٢٩}{٢}\right)}\right]^{\text{حا } ٣٠}$$

$$\left[\frac{\text{ظا}\left(٤٥ + \frac{٢٫٢٧٨١٢١}{٢}\right)}{\text{ظا}\left(٤٥ + \frac{٢٫٣٤٩٥٥٠}{٢}\right)}\right]^{\text{ف حا } ٣٠}$$

$$\text{س}_{٢٩} = ٥٥٢٨٫٤٩٣٧ \times ١٫٠١٠٠٧٧١٧ \times ٠٫٩٩٩٩٤٨٨٦$$

$$= ٥٥٨٣٫٩١٩٧ \text{ سم}$$

ويمكن الحصول على الاحداثيات المتعامدة لنقط الهيكل الجغرافى وتكون الاحداثيات منسوبة الى محورين :

الصادات وينطبق على خط الطول الأوسط ٢٧° شرق وتقع نقطة الأصل عند العرض الرئيسي ٣٠° س .

النقطة (عرض ٣١° شمال ، طول ٢٨° شرق)   λ = ١° و λ´ = ٥ر٠°

س = م٣١ حا λ´ = ٥٤٧٣ر٠٥٩٢ حا ٥ر٠° = ٤٧ر٧٦٠٨ سم

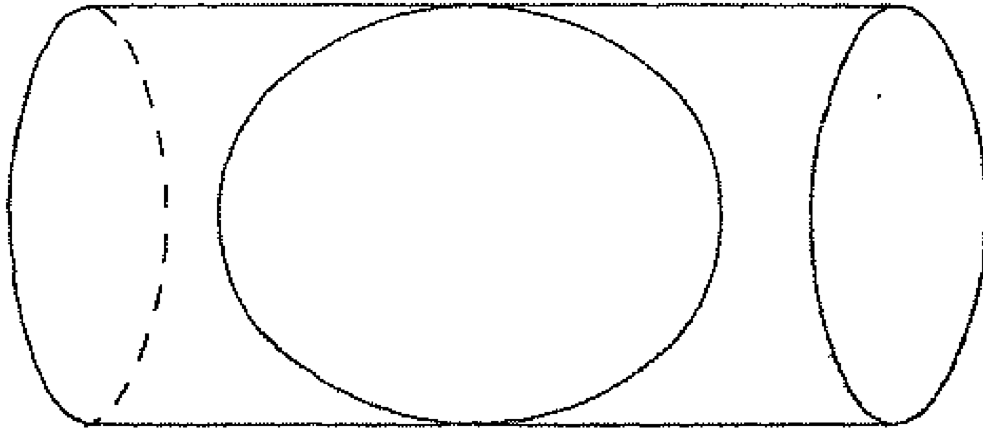
ص = م٣٠ − م٣١ جتا λ´ = ٥٥٢٨ر٤٩٣٧ − ٥٤٧٣ر٠٥٩٢ × جتا ٥ر٠°

= ٥٥ر٦٤٢٩ سم

وبتكرار هذا العمل لباقي نقط الهيكل الجغرافي نحصل على الاحداثيات المبينة في الجدول الآتي :

طول \ عرض		٢٩	٣٠	٣١
٢٧	س	صفر	صفر	صفر
	ص	٥٠ر٤٢٦٠ —	صفر	٥٥ر٤٣٤٥
٢٨	س	٤٨ر٧٧٨٣	٤٨ر٢٤٤٦	٤٧ر٧٦٠٨
	ص	٥٥ر٢١٣٤ —	٠ر٢١٠٥	٥٥ر٦٤٢٩
٢٩	س	٩٧ر٤٥٢٨	٩٦ر٤٨٥٥	٩٥ر٥٢٨١
	ص	٥٤ر٥٧٥٥ —	٠ر٨٤٢٠	٥٦ر٢٦٨١

مسقط مركيتور المستعرض
الأرض الشبه كروية
أو
مسقط جاوس التشابهى

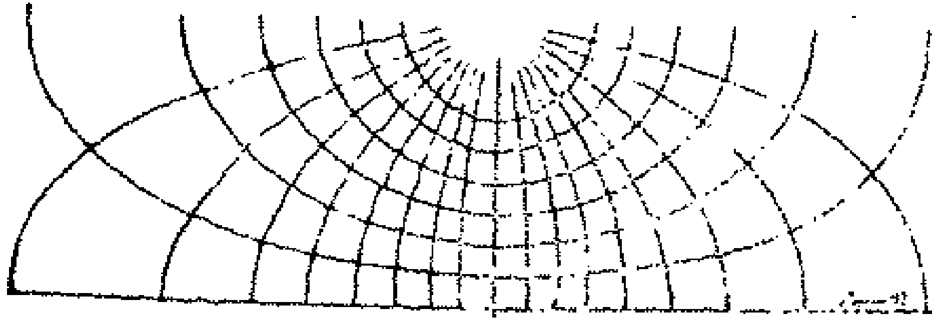


شكل ١٠٦

ينتج هذا المسقط بطريقة مشابهة لمسقط مركيتور ولكن تكون اسطوانة التماس فى وضع مستعرض — أى تمس سطح الأرض حول أحد خطوط الطول

فى هذه الحالة يسقط خط طول التمـــاس الى خط مستقيم رأسى يساوى فى طوله محيط خط الطول على سطح الأرض . ويتم اسقاط باقى المعـــالم بطريقة التشابه فيأخذ الهيكل الجغرافى الشكل المبين فى الصفحة المقابلة .

والرياضيات العالية تعطى المعـــادلات المستخدمة لإنشاء المسقط بطريقة مختصرة وجميلة :



شكل ١٠٧

فى هذا المسقط ستتخذ محور السينات رأسيا نحو الشمال ومنطبقا على خط طول التماس (خط الطول الأوسط)، كما هو متبع فى أعمال المساحة بصفة عامة وفى المساحة المصرية بصفة خاصة والتى كانت رائدة بين دول العالم فى تطبيق هذا المسقط على أعمالها المساحية.

ويكون محور الصادات عموديا على محور السينات ومتجها نحو الشرق وذلك عند نقطة اختيارية على محور السينات.

الدوال المترافقة

إذا كانت س ، ص دالتين حقيقيتين للمتغيرين و ، هـ وأمكن تعريفهما بالعلاقة س + ى ص = د (و + ى هـ) حيث ى = $\sqrt{-1}$ فإنه يقال أن س ، ص دالتين مترافقتين.

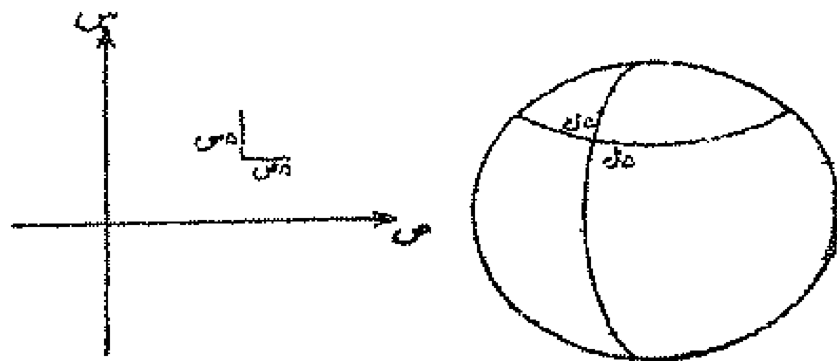
والخواص المميزة للدوال المترافقة والتى من أجلها تستخدم فى الوصول إلى معادلات المساقط التشابهية هى :

١ — كل منحنى نحصل عليه عندما تكون و ثابتة القيمة ، بينما هـ تكون متغيرة ، يتقاطع عموديا مع جميع المنحنيات التى نحصل عليهـــا عندما تكون هـ ثابتة ، بينما و تكون متغيرة .

٢ — تكون النسبة ثابتـــة بين أى مسافة صغيرة على السطح الذى يشمل س ، ص والمسافة الصغيرة المناظرة على السطح الذى يشمل و ، هـ وذلك حول أى نقطة .

تطبيق الدوال المترافقـــة على المساقط المتشابهة

س ، ص هما الاحداثيان المتعـــامدان على سطح الخريطة وذلك بالنسبة للمحورين السابق الاتفاق عليهما . ولـــكن لا يمكن اعتبار و ، هـ على انهما الاحداثيان ﻫ ، λ على سطح الأرض لأن Δ ﻫ على سطح الأرض لاتساوى Δ λ فى طولها .



شكل ١٠٨

إذا كانت ك المسافة على خط الطول

وكانت ل المسافة على دائرة العرض

نكتب العلاقة العامة للمسقط التشابهى على الصورة

$$(س + ى ص) = د (ك + ى ل)$$

التناسب بين الأطوال المتناظرة يكون $\frac{\Delta س}{\Delta ص} = \frac{\Delta ك}{\Delta ل}$

$\frac{\Delta س}{\Delta ص} = \frac{م \Delta \phi}{نق_\phi \Delta \lambda}$ حيث م هو نصف قطر الانحناء لخط الطول ،

نق$_\phi$ هى نصف قطر دائرة العرض ϕ على سطح الأرض .

$$\frac{\Delta س}{\Delta ص} = \frac{\Delta ط}{\Delta \lambda} \qquad \text{حيث } \Delta ط = \frac{م \Delta \phi}{نق_\phi}$$

وبذلك تكون ط دالة فى المتغير ϕ وحده ، $ط = \int \frac{م}{نق_\phi} \, ء \phi$

ونكتب العلاقة العامة بالصورة

$$س + ى ص = د (ط + ى \lambda)$$

وباستخدام مفكوك تايلور

$$س + ى ص = د (ط) + ى \lambda د' (ط) - \frac{\lambda^2}{2!} د'' (ط) -$$

$$\text{ى}\ \frac{\lambda^{٢}}{\text{ل}\ ٢}\ \sigma^{(٣)}(\text{ط}) + \dots$$

وبمساواة الاجزاء الحقيقية والاجزاء التخيلية فى كلا الطرفين

$$\text{س} = \sigma(\text{ط}) - \frac{\lambda^{٢}}{\text{ل}\ ٢}\ \sigma''(\text{ط}) + \frac{\lambda^{٤}}{\text{ل}\ ٤}\ \sigma^{(٤)}(\text{ط}) - \dots$$

$$\text{ص} = \lambda\sigma'(\text{ط}) - \frac{\lambda^{٣}}{\text{ل}\ ٣}\ \sigma^{(٣)}\ \text{ط} + \frac{\lambda^{٥}}{\text{ل}\ ٥}\ \sigma^{(٥)}(\text{ط}) - \dots$$

<u>مسقط مركيتور المستعرض</u>

للحصول على σ (ط) ومشتقاتها نأخذ الحالة التى ينطبق فيها محور السينات على خط الطول الأوسط أى عندما λ = صفر
فى هذه الحالة تكون س = σ (ط)

وفى مسقط مركيتور المستعرض تكون س هى المسافة على خط الطول الأوسط

$$= \int_{0}^{\phi} \rho \cdot \text{د}\,\phi$$

$$\sigma(\text{ط}) = \int \rho \cdot \text{د}\,\phi = \int_{0} \text{قت}\phi \cdot \text{د ط}$$

$$\sigma'(\text{ط}) = \text{قت}\phi$$

$$ن'(ط) = \frac{د(ن_φ)}{دφ} \cdot \frac{دφ}{دط}$$

بوضع $نق_φ = \frac{أ\ جتا\ φ}{(١ - ف^{٢}\ حا^{٢}\ φ)^{\frac{١}{٢}}}$ ثم بمفاضلتها بالنسبة الى $φ$

وبوضع $\frac{دφ}{دط} = \frac{ن_φ}{ρ}$ ينتج أن

$$ن''(ط) = - ن_φ\ حا\ φ$$

وبتكرار عملية التفاضل

$$ن^{(٣)}(ط) = - ن_φ \left(\frac{ن_φ\ جتا\ φ}{ρ} - جا^{٢}\ φ \right)$$

وتكون معادلات التحويل المطلوبة هي

س = طول القوس على خط الطول من الاستواء إلى العرض $φ$

$$+ \frac{λ^{٢}}{٢!} ن_φ\ جا\ φ + \frac{λ^{٤}}{٤!} نق_φ (٥\ جتا^{٢}\ φ - جا^{٢}\ φ) + \dots$$

$$ص = λ\ نق_φ + \frac{λ^{٣}}{٣!} نق_φ \left(\frac{نق_φ\ جتا_φ}{ρ} - جا^{٢}\ φ \right) +$$

$$\frac{λ^{٥}}{٥!} نق_φ (٥\ جتا^{٤}\ φ - ١٨\ جا^{٢}\ φ\ جتا^{٢}\ φ + جا^{٤} φ) + \dots$$

<u>مثال</u> : لايجاد احداثيات النقطة الواقعة عند تقـــاطع العرض ٣٠° شمال والطول ٣٢° شرق باعتبار خط الطول الأوسط ٣١° شرق .

$$\lambda = ٣٢ - ٣١ = ١^{\circ} = \frac{\text{ط}}{١٨٠} \text{ ، } \rho_{٣٠} = ٦٣٥١ \ ٥٠٤٣٫٠٦$$

$$\text{نق}_{٣٠} = ٥٥٢٨ \ ٤٩٣٫٧٣ \text{ متر}$$

$$\text{طول قوس خط الطول من الاستواء الى العرض } ٣٠^{\circ} = ٣٣٢٠ \ ١٦١٫٧٠$$

$$\text{س} = ٣٣٢٠ \ ١٦١٫٧٠ + \left(\frac{\text{ط}}{١٨٠}\right)^{٢} \times \frac{١}{٢} \times \text{نق}_{٣٠} \text{ حا } ٣٠ +$$

$$\frac{١}{٤ \text{ لـ}} \times \left(\frac{\text{ط}}{١٨٠}\right)^{٤} \text{نق}_{٣٠} (٥ \text{ جتا}^{٢} ٣٠ - \text{حا}^{٢} ٣٠) +$$

$$= ٣٣٢٠ \ ١٦١٫٧٠ + ٤٢١٫٠٢ + ٠٫٠٧ +$$

$$= ٣٣٢٠ \ ٥٨٢٫٧٩ \text{ متر}$$

$$\text{ص} = \left(\frac{\text{ط}}{١٨٠}\right) \text{نق}_{٣٠} +$$

$$\left(\frac{\text{ط}}{١٨٠}\right)^{٣} \frac{١}{٣ \text{ لـ}} \text{نق}_{٣٠} \left(\frac{\text{نق}_{٣٠} \text{ جتا } ٣٠^{\circ}}{\rho_{٣٠}} - \text{حا}^{٢} ٣٠^{\circ}\right) +$$

$$\frac{١}{٥ \text{ لـ}} \times \left(\frac{\text{ط}}{١٨٠}\right)^{٥} \times \text{نق}_{٣٠} (٥ \text{ جتا}^{٤} ٣٠ - ١١ \text{ جا}^{٢} ٣٠ \text{ جتا}^{٢} ٣٠$$

$$+ \text{ جا}^{٤} ٣٠)$$

$$= ٩٦ \ ٤٩٠٫٤٢ + ٢٫٤٧ + \text{الحد الثالث صغير}$$

$$= ٩٦ \ ٤٩٢٫٨٩$$

تطبيق مسقط مركيتور المستعرض
فى المساحة المصرية

ترتبط شبكة المثلثات الرئيسية فى مصر بمناطق العمران التى تنحصر فى منطقة وادى النيل والدلتا . وتعرف النقط الجيوديسية فى هذه الشبكة باحداثياتها الجغرافية (φ , λ) ومن بين المساقط التقابلية تم اختيار مسقط مركيتور المستعرض لتمثيل مصر على الخرائط المساحية .

وكان واضحا أن خط الطول الأوسط المناسب هو خط الطول ٣١° شرق الذى يمر فى وادى النيل والدلتا والذى يتوسط مصر من ناحية الامتداد مع درجات الطول من ٢٥° الى ٣٦° شرق جرينتش.

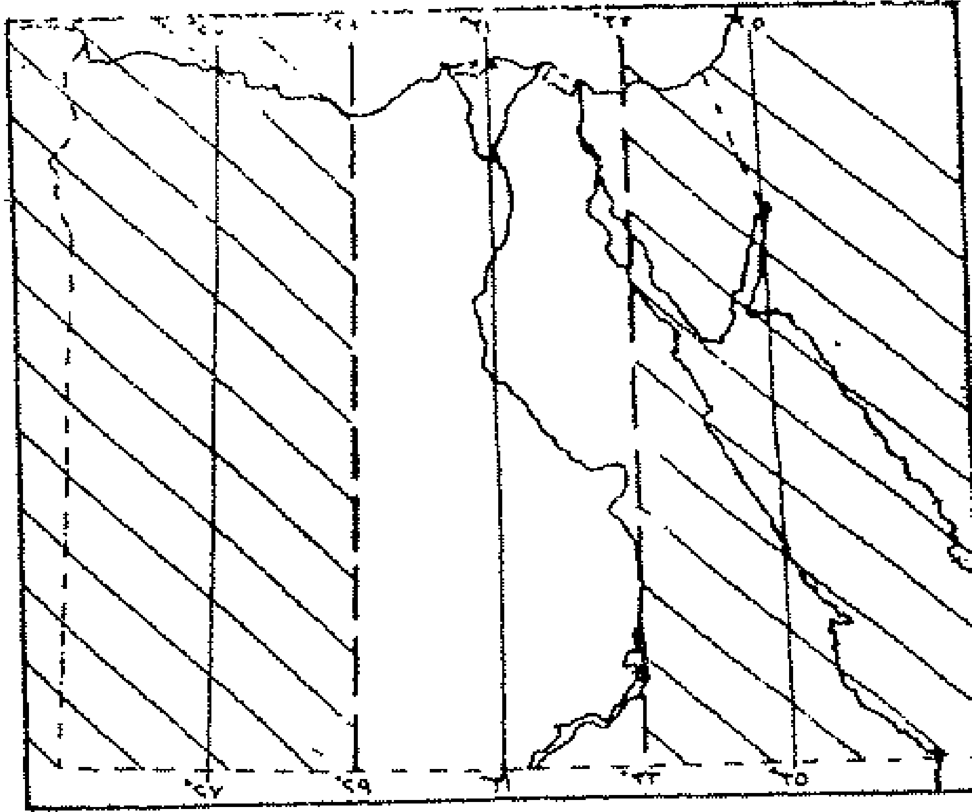
والمعروف أن التشوية فى شكل المعالم المرسومة على الخريطة يأخذ مكانه فى مسقط مركيتور المستعرض كلما إبتعدنا عن خط الطول الأوسط — الخالى من التشوية — ويتزايد التشويه ويصبح ملموساً (حسابيا) بعد درجتين طوليتين .

لذلك قسمت مصر الى ثلاثة شرائح طولية وتم رسم كل شريحة منها على حدة كالآتى :

١ — الشريحة الأولى تمتد من الطول ٢٥° الى ٢٩° شرق بخط طول أوسط ٢٧° ، لتغطى منطقة الصحراء الغربية .

٢ — الشريحة الثانية تمتد من الطول ٢٩° الى ٣٣° شرق بخط طول أوسط ٣١° ، لتغطى وادى النيل والدلتا .

٣ — الشريحة الثالثة وتمتد من الطول ٣٣° الى ٣٦° شرق بخط طول أوسط ٣٥° ، لتغطى سيناء وبعض اجزاء الصحراء الشرقية .



شكل ١٠٩

تعديل الاحداثيات

وكما سبق يتبين أن الاحداثى السينى (فى اتجاه الشمال) لأى موقع على مسقط مركيتور المستعرض يتضمن طول المسافة على خط الطول من الاستواء الى هذا الموقع . وفى حالة مصر تصل هذه المسافة الى حوالى ٣٠٠٠ كيلو متر . لذلك تم اتخاذ نقط الأصل الثلاثة لكل مسقط من مساقط الشرائح الثلاثة عند

العرض ٣٠° شمال . وذلك يقلل من قيمة الاحداثى السينى لجميع النقط بحوالى ٣٠٠ كيلو متر .

وحتى يمكن تلافى الاحداثيات السينية السالبة للأماكن الواقعة جنوب خط العرض ٣٠° شمال ، أضيف عدد كامل من الكيلومترات الى جميع الاحداثيات السينية ، وفى الوقت نفسه أضيف عدد آخر من الكيلومترات الى الاحداثيات الصادية لجميع النقط حتى لاتكون هناك احداثيات صادية سالبة للنقط الواقعة غرب خط الطول الأوسط . والجدول الآتى يبين هذه التعديلات فى كل من المساقط للمناطق الثلاثة

المنطقة	حدود خطوط الطول	خط الطول الأوسط	الإضافة الكيلومترية للاحداثيات	موقع نقطة الصفر
الصحراء الغربية	من ٢٥ الى ٢٩	٢٧	س ٢٠٠ كم ص ٧٠٠	داخل الأراضى الليبية
وادى النيل والدلتا	من ٢٩ الى ٣٣	٣١	س ٨١٠ ص ٦١٥	بالقرب من الركن الجنوبى الغربى للحدود السياسية
سيناء	من ٣٣ الى ٣٦	٣٥	س ١١٠٠ ص ٣٠٠	داخل الأراضى السودانية

حساب الاحداثيات فى المساحة المصرية

استخدمت المساحة المصرية شكلا شبه كرويا لسطح الأرض هو شكل هلمرت ١٩٠٦، وذلك قبل أن يتقرر استخدام الشكل الدولى لهايفورد ١٩١٠ .
وتم حساب الاحداثيات المتعامدة للمواقع الجيوديسية ولحدود الخرائط على شكل هلمرت . والجدول فى صفحة ٢٥٩ يبين بعض العناصر الأساسية لشكل هلمرت مع ذكر القيم المقابلة لها فى شكل هايفورد

العنصر		هلمرت ١٩٠٦	هايفورد ١٩١٠
نصف القطر الاستوائي	ا	٦٣٧٨ ٢٠٠ متر	٦٣٧٨ ٣٨٨ متر
نصف القطر القطبي	ب	٦٣٥٦ ٨١٨ »	٦٣٥٦ ٩١٢ »
مربع الاختلاف المركزي	ف٢	٠٫٠٠٦٦ ٩٣٤٠	٠٫٠٠ ٦٧٢٢٦٩
نصف قطر الإنحناء عند العرض ٣٠°	م٣٠	٦٣٥١ ٤٤٢٫٩٢ متر	٦٣٥١ ٥١٢٫٥٦ متر
نصف قطر الانحناء العمودي عند العرض ٣٠°	ن٣٠	٦٣٨٣ ٥٤٣٫١٧ »	٦٣٨٣ ٧٥٤٫٦٩ »
نصف قطر دائرة العرض ٣٠°	نق٣٠	٥٥٢٨ ٣١٠٫٥٥ »	٥٥٢٨ ٤٩٣٫٧٣ »
طول القوس على خط الطول من الاستواء الى العرض ٣٠°	ل٣٠	٣٣٢٠ ١٤٩٫١٠ »	٣٣٢٠ ١٦١٫٧٠ »
طول دقيقة واحدة عرضية على خط الطول عند العرض ٣٠°		١٨٤٧٫٥٥٩ »	١٨٤٧٫٥٨٠ »

مثال :

على شكل هلمرت المطلوب حساب الاحداثيات المتعامدة (س ، ص) للموقع الجغرافي (عرض ٣١° شمال ، طول ٣٠َ ٢٨° شرق) على شبكة احداثيات وادي النيل بخط الطول الأوسط ٣١° شرق

$$\frac{\text{ط}}{١٢٠} = \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \frac{٣}{٢} = {}^{\circ}١٫٥٠ = {}^{\circ}١\ '٣٠ = \lambda$$

$$\text{ن}_{٣١} = ٥٤٧٢٠٤٤٫١٨ \qquad\qquad \rho_{٣١} = ٦٣٥٢٤١٨٫٤٧$$

طول قوس خط الطول من الاستواء إلى العرض ٣١° = ٣٤٣٦٠١١ر١٠

» » » » ٣٠° = ٣٣٢٠١٤٩ر١٠

$$\text{س} = ٣٤٣١٠١١٫١٠ + \left(\frac{\text{ط}}{١٢٠}\right)^{٢} \times \frac{١}{٢} \times \text{ن}_{٣١}\ \text{حا}\ ٣١^{\circ} +$$

$$\frac{١}{٢٤}\left(\frac{\text{ط}}{١٢٠}\right)^{٤} \text{ن}_{٣١} \left(٥\ \text{جتا}^{٣}\ ٣١ - \text{حا}^{٢}\ ٣١ \right)$$

$$= ٣٤٣١٠١١٫١٠ + ٩٦٥٫٨٢ + ٠٫٣٧$$

وبطرح طول قوس خط الطول من الاستواء إلى العرض ٣٠° وباضافة ٨١٠ كيلومتر

$$\text{س} = ٣٤٣١٠١١٫١٠ + ٩٦٥٫٨٢ + ٠٫٣٧$$

$$- ٣٣٢٠١٤٩٫١٠ + ٨١٠٠٠٠ = ٩٢١٨٢٨٫١٩\ \text{متر}$$

$$\text{ص} = -\Bigg[\left(\frac{\text{ط}}{\text{١٢٠}}\right)\text{ن}_{\text{٢١}} + \frac{\text{١}}{\text{٣}!}\left(\frac{\text{ط}}{\text{١٢٠}}\right)^{\text{٣}}\text{ن}_{\text{٢١}} \times \left(\frac{\text{ن}_{\text{٢١}}\ \text{جتا}\ \text{٢١}}{\text{م}_{\text{٢١}}} - \text{حا}^{\text{٢}}\ \text{٢١}\right) + \frac{\text{١}}{\text{٥}!}\left(\frac{\text{ط}}{\text{١٢٠}}\right)^{\text{٥}}\text{ن}_{\text{٢١}}\left(\text{٥ جتا}^{\text{٤}}\ \text{٢١} - \text{١٨ جا}^{\text{٢}}\ \text{٢١ جتا}^{\text{٢}}\ \text{٢١} + \text{حا}^{\text{٤}}\ \text{٢١}\right)\Bigg]$$

$$= -\left[\text{١٤٣ ٢٥٧٫٧٨} + \text{٧٫٧٤} + \text{حد صغير}\right]$$

وبإضافة ٦١٥ كيلو متر

$$\text{ص} = -\ \text{١٤٣ ٢٦٥٫٥٢} + \text{٦١٥ ٠٠٠} = \text{٤٧١ ٧٣٤٫٤٨ متر}$$

الباب التاسع

تاريخ مساقط الخرائط

يرجع تاريخ المساقط إلى وقت بعيد عندما كان الرياضيون والفلكيون فى محاولات لتمثيل السماء على الخرائط .

وضمن ماتركه بطليموس (٩٠ — ١٦٨ م) من مؤلفات يوجد شرح لطريقة رسم الكرة السماوية على سطح مستوى ومنها يشرح أيضا طريقة تمثيل الاقواس الكروية . وهذه فى الواقع طريقة رسم المسقط الاورثوجرافى . وذكر بطليموس أيضا طريقة أخرى لتمثيل الكرة السماوية والتى تعرف الآن باسم المسقط المجسم أو الاستريوجرافى .

ويرجح أن بطليموس نقل هذين المسقطين عن هيباركوس (القرن الثانى الميلادى) العالم الفلكى الشهير .

أما المسقط المركزى فقد كان معروفا قبل هذين المسقطين فقد ظهرت فكرته مع فكرة الأرض الكروية أيام الأغريق .

وبغض النظر عن أستخدام المساقط لتمثيل السماء على الخرائط ، لم تدخل فكرة الاسقاط لمعالم سطح الأرض إلا بعد أيام ايراتوستين (٢٧٦ — ١٩٥ ق . م) الذى رسم خريطة عليها خطـــوط الطول والعرض المستقيمة وهى

الخريطة التي قام بتصحيحها من بعده هيباركس ثم مارينوس (القرن الثاني الميلادي) . وخريطة ايراتوستين والتي صححت بمعرفة هيباركوس ثم مارينوس لا تخضع لأي من القواعد الهندسية المعروفة الآن عن المساقط .

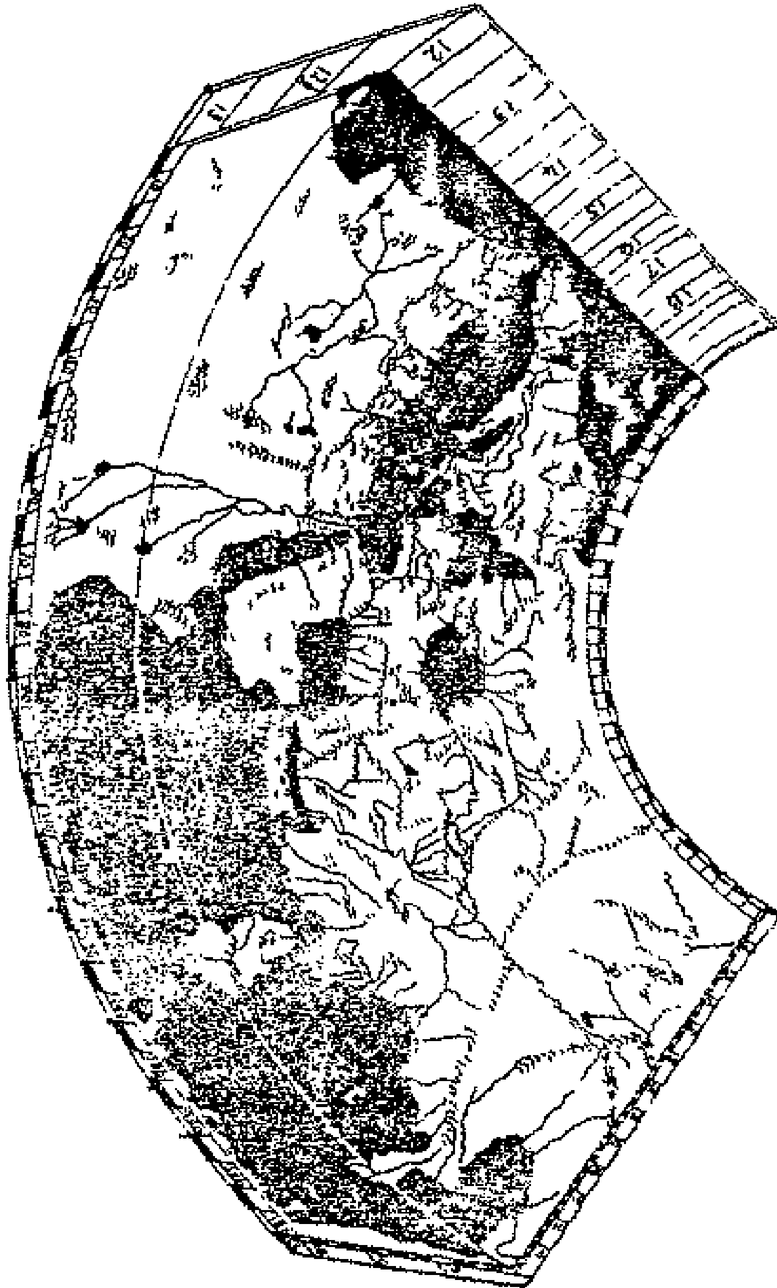
مساقط بطليموس

أما بطليموس فيعتبر أول من استعمل فكرة الاسقاط في رسم الخرائط الجغرافية . ففي خرائط بطليموس التي رسمها لكل دولة نجد أنه يرسم خطوط الطول والعرض خطوطا مستقيمة متعامدة . إذ أنه كان على علم بأن المناطق الصغيرة من سطح الأرض لا تتأثر كثيرا بالانحناء الكروي — وعلى ذلك يمكن اهمال الأخطاء الصغيرة التي قد تظهر بعيدا عن مركز الخريطة .

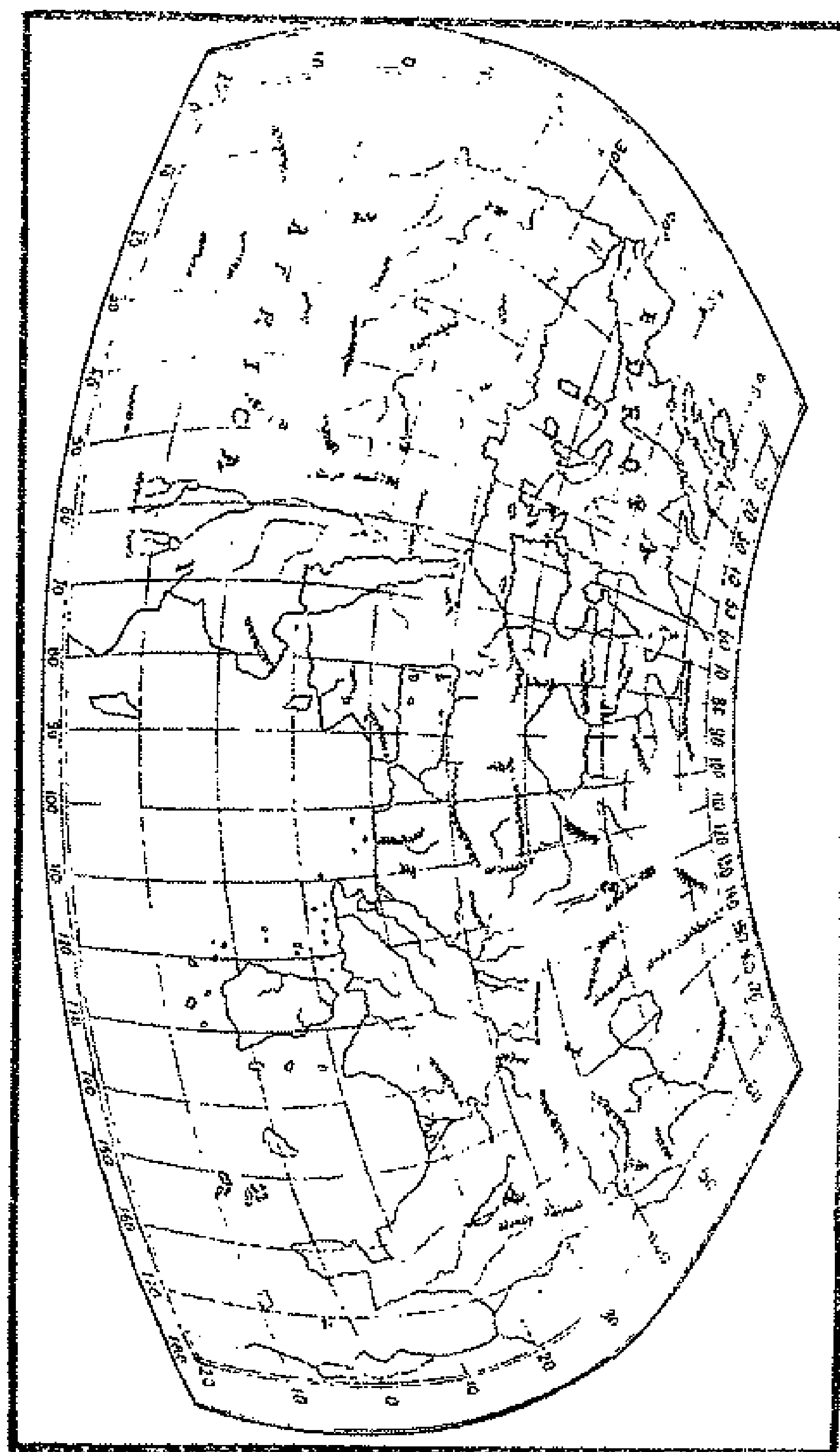
كما كان بطليموس على علم بأنه عند رسم خريطة تبين العالم كله يجب عليه أتخاذ بعض الاحتياطات الهندسية والتي بها يتحاشى ظهور الأخطاء . ولذلك أتخذ بطليموس نوعين من المساقط عندما قام برسم خرائط العالم .

النوع الأول وفيه ظهرت خطوط العرض أقواس دوائر لها نفس المركز الذي يقع خارج حدود الخريطة . كما رسمت خطوط الطول مستقيمة وتتقارب من بعضها كلما أتجهت شمالا وتتقابل في نقطة خارج الخريطة . أما المنطقة الواقعة للجنوب من الاستواء فرسمت خطوط الطول فيها متقاربة في الاتجاه الجنوبي . وبذلك تقابلت خطوط الطول الشمالية مع خطوط الطول الجنوبية عند الاستواء في شكل زوايا .

وهذا المسقط يشبه المسقط المعروف حاليا بالمسقط المخروطي البسيط فيما عدا الأخطاء التي ظهرت جنوب الاستواء .



شـــكل ١١٠
خريطة بطليموس



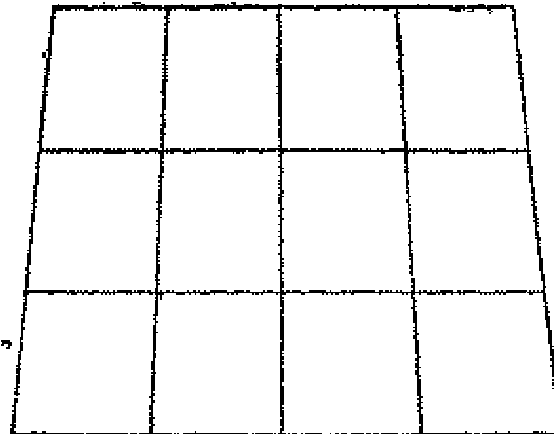
شكل ١١١
خريطة بطليموس

وعلى النوع الثانى من المساقط الذى أتخذه بطليموس لخريطة العالم فعليه ظهرت كلا من خطوط الطول وخطوط العرض منحنية . ويظن أنه صنع هذا المسقط لتعديل المسقط الأول . وعلى كل فى كلا المسقطين نجــــد أن التشويه يتزايد كلما أبتعدنا عن مركز الخريطة .

هذا المسقط الثانى لبطليموس قريب الشبه من المسقط المعروف حاليا باسم مسقط بون . وقد قام فالد سيمولر بتطوير مسقط بطليموس الثانى ورسم عليه خريطته المعروفة للعالم عام ١٥٠٧ .

مساقط عصر النهضة وبداية عصر الكشوف الجغرافية

من المعروف أن خرائط عصر النهضة بدأت بترجمة مؤلفــــات بطليموس الجغرافية التى كانت تحتوى على العــــديد من الخرائط . وصاحب تلك الترجمة تعديلات وتصحيحات وإضـــافة إلى خرائط بطليموس الأصلية . وظهرت فى موجة الترجمة هذه مسقطا جديدا فى شكله ويشبه إطاره شكل شبه المنحرف ولكنه لا يتميز بأية خصائص كما أنه لا يخضع للقواعد الهندسية المعروفة الآن فى المساقط .



شكل ١١٢

وفى بداية عصر الكشوف الجغرافية ظهرت خرائط على ما يسمى إسقاط مستوى وعليها كانت خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وفى أماكنها المضبوطة إذ أن تحديد موقع خط العرض كان ممكنا بدقة عالية أما خطوط الطول فكانت معرضة لأخطاء فى مواقعها .

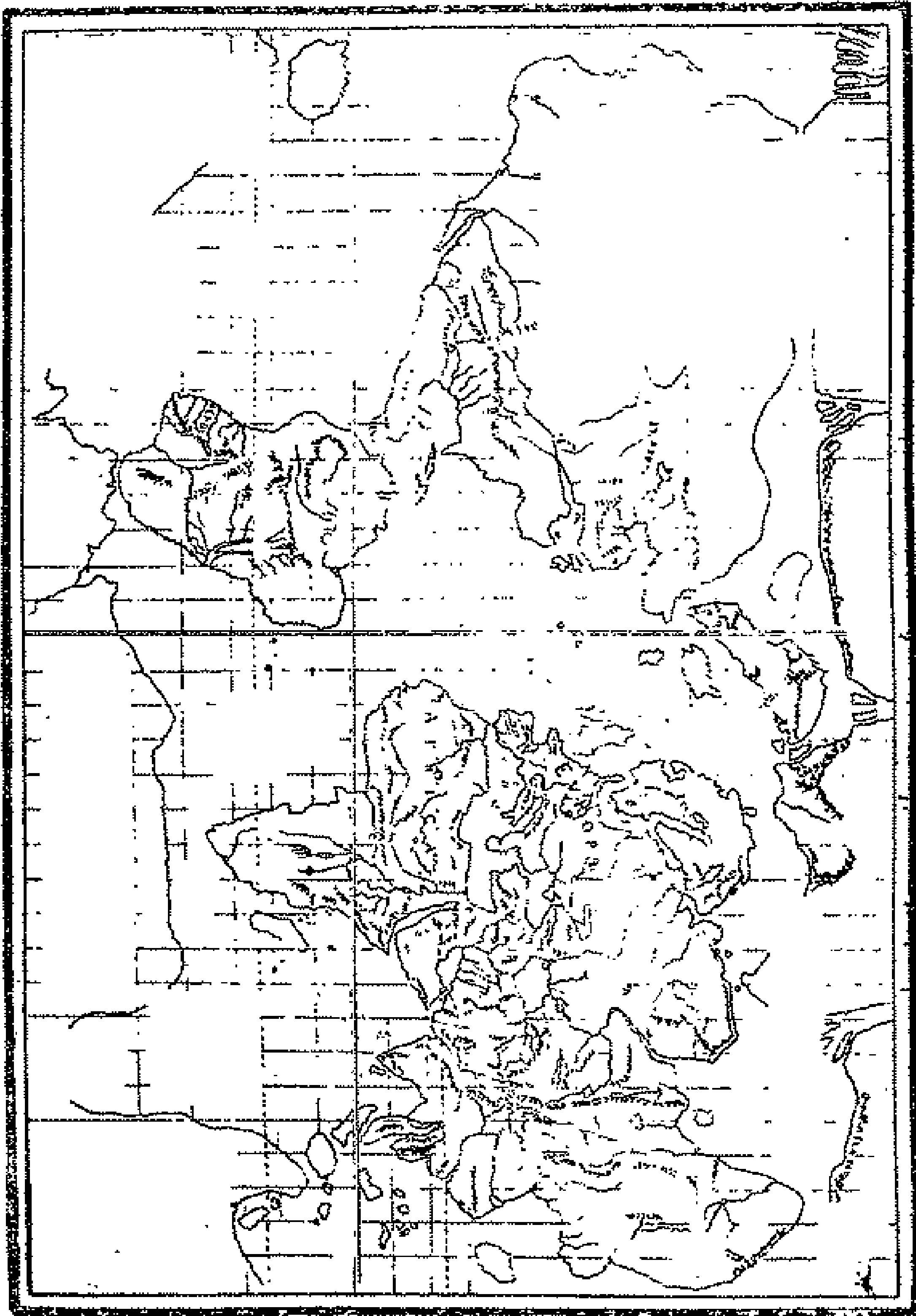
أما خرائط البورتولانو التى كانت ترسم فى جنوه بإيطاليا لسواحل البحر المتوسط والمناطق المجاورة وكذلك الخرائط الأولى للمحيط الهندى فى ذلك الوقت فبالرغم من الدقة العالية للمعالم الجغرافية التى ظهرت على الخرائط إلا أنها لم تعتمد على أى مسقط من المساقط .

مركيتور

جاء مركيتور وسلك طريقا متحررا عن طريق بطليموس . قام مركيتور برسم خريطة لأوربا عام ١٥٥٤ على مسقط مخروطى بعرضين رئيسيين كما قام بعمل المسقط المعروف باسمه والذى استخدمه فى رسم خريطة العالم البحرية عام ١٥٦٩ وعلى هذه الخريطة كتب مركيتور طريقة رسم المسقط .

وبعد مركيتور وابتداء من القرن السابع عشر انفتح ذهن الكارتوجرافيين على إيجاد مساقط متنوعة . فقام سانسون الفرنسى بعمل المسقط المقرون باسمه وإسم فلامستيد الانجليزى ولكن سانسون هو الذى وضع قواعد هذا المسقط وخصائصه أما فلامستيد فقد نقله عنه وطبقه فى رسم بعض الخرائط .

كما ظهر بعد ذلك المسقط الكروى فى فرنسا وتناوله بعض الكارتوجرافيون بالتعديل ولكن بدون اهتمام كبير نظرا لأنه لا يحتوى على خصائص هندسية معينة ، اللهم إلا سهولة رسمه .



شكل ١١٣
خريطة مركيتور للعالم

مساقط القرن الثامن عشر

شهد القرن الثامن عشر على يد لامبرت مجموعة كبيرة من المساقط وفى نفس الوقت كان مردوخ فى انجلترا على أهتمام كبير بالمساقط الجغرافية . وكان أهتمام كليهما بالمساقط المخروطية .

قام ماردوخ بدراسة ثلاثة أنواع متطورة من المسقط المخروطى البسيط كل نوع منها يحقق ميزة معينة .

أما لامبرت وهو ألمانى ، فقد قدم إلى المساقط عددا لم يقدمه غيره من الكارتوجرافيين . فقام بإعداد المساقط الآتية :

١ — المخروطى متساوى المساحات بعرض رئيسى واحد وهو المسقط المعروف بأسمه .

٢ — المخروطى التشابهى بعرضين رئيسين .

٣ — الاسطوانى متساوى المساحات .

٤ — الاسطوانى المستعرض متساوى المساحات .

٥ — الاتجاهى متساوى المساحات .

وجدير بالذكر أن تلك المساقط بالذات ما زالت تعتبر الأساس العريض فى عمليات إنشاء الخرائط .

وفى هذا القرن أيضـــا قام آلبرز بتصميم المسقط المعروف بأسمه وهو المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين ولكن المسقط لم يعرف إلا فى نهاية القرن التاسع عشر .

وفى القرن الثامن عشر عاش كاسينى وهو حفيد كاسينى الذى رسم خريطة فرنسا فى أرضية مرصد باريس . وهذا الحفيـــد قام بتصميم مسقط مازال معروفا بأسمه . وعلى هذا المسقط قام بتوقيع نتائج عمليات المثلثات الخاصة بفرنسا والتى كانت أول عملية مساحة منظمة شاملة لدولة بأكملها . وأدت هذه العملية إلى مجموعة من الخرائط الطبوغرافية الدقيقة التفاصيل والتى تمت بعد وفاته .

فى عام ١٨٠٥ صمم مولفايدى المسقط المعروف بأسمه .

وبعد ذلك الوقت وحتى الآن يظهــــر من وقت لآخر مسقط جديد أو تعديل لمسقط قديم . وتقترن المساقط الجديدة بأسماء صانعيها ونذكر منهم أيكرت - وينكل - فان دير جرينتن - جول - هامار .

الباب العاشر

اختيار المسقط

علاقة المسقط بالموقع

باستعراض المساقط المتعددة التي ذكرت ، نجد أنها قسمت من حيث طريقة الإنشاء إلى مجموعات رئيسية هي : المعدلة والاسطوانية والمخروطية والاتجاهية .

وفي الواقع يتفق هذا التقسيم مع الهيكل الجغرافي لخطوط الطول والعرض المرسومة على سطح الأرض .

١ — فعند تمثيل منطقة إستوائية على خريطة يكون أحد المساقط الاسطوانية اختيارا ملائما ، إذ ينتقل الاستواء إلى الخريطة مساويا لطوله الأصلي على الأرض ويكون شكله مستقيما . ومن ثم يصبح تشكيل المسقط سهلا من حيث الحساب والرسم .

٢ — وعند تمثيل منطقة تقع بين الاستواء والقطب يكون أحد المساقط المخروطية ملائما ، إذ ينتقل خط العرض الرئيسي إلى الخريطة مطابقا لطوله الأصلي على الأرض ويكون على شكل قوس من دائرة . ومن تلك البداية يمكن إكمال المسقط بسهولة .

٣ — وعند تمثيل منطقة قطبية يكون أحد المساقط الاتجاهية ملائما ، إذ تنتقل جميع خطوط الطول المتلاقية عند القطب الأرضي محتفظة بنفس الزوايا الأصلية على سطح الأرض . أي أن خطوط الطول ستظهر على المسقط في صورة حزمة من المستقيمات المتلاقية في نقطة وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا

المناظرة على سطح الأرض . ومن ثم يمكن إكمال المسقط بالسهولة المعروفة فى حالات المساقط الاتجاهية القطبية .

٤ — وعند تمثيل العالم كله أو نصفه على خريطة يحسن الالتجاء إلى أحد المساقط المعدلة التى تعالج المنطقة ككل والتى تبدأ بتحديد شكل المحيط الخارجى للمسقط - مرة على شكل دائرة ومرة على شكل قطع ناقص ، ... ثم يستكمل الهيكل الجغرافى للخريطة داخل الإطار المحدد للمسقط .

ولا يعتبر هذا التقسيم قاطعا فى عملية اختيار المسقط ولكنه متبع فى كثير من الحالات . ويلزم أن نكون على بينة من أن الأسطوانة هى حالة خاصة من المخروط تكون فيها زاوية رأس المخروط صفرا . كما وأن المستوى الذى يستخدم فى حالة الإسقاط الاتجاهى هو أيضا حالة خاصة من المخروط والذى فيه تكون زاوية رأس المخروط ١٨٠° .

ويلزم أيضا أن نعرف أنه عند أى مكان على سطح الأرض يمكن الإسقاط بأى طريقة من الطرق المعروفة ولكن الإسقاط مع مراعاة التقسيم السابق يجعل الحساب أسهل ما يمكن .

فمثلا عند مكان عرضه ٥٠° شمال يمكن استخدام الإسقاط المخروطى بحيث يمس المخروط سطح الأرض حول دائرة العرض ٥٠° شمال .

ويمكن أيضا الإسقاط على مستوى يمس الأرض عند هذا المكان ويمكن الإسقاط على اسطوانة تمس الأرض حول خط الطول الذى يمر بهذا المكان أو اسطوانة تمس الأرض حول دائرة عظمى تمر بهذا المكان (وفى هاتين الحالتين الأخيرتين يسمى المسقطين الناتجين إسطوانى مستعرض ، واسطوانى منحرف) .

ولكن الاسقاط المخروطى أهملها كلها فى الحساب .

علاقة المسقط بالغرض المطلوب منه عمل الخريطة

يتحكم الغرض المطلوب منه عمل الخريطة فى اختيار المسقط المطلوب . وهناك أغراض متعددة لرسم الخرائط ولابد أن نراعى أن المسقط المختار للخريطة يحقق الخصائص الهندسية التى تفى بهذه الأغراض .

والخرائط الجغرافية المرسومة بمقاييس صغيرة تستخدم فى الأغراض الآتية .

١ — بيان التوزيعات .
٢ — بيان الاتجاهات الصحيحة من مكان معين .
٣ — بيان المسافات المتساوية من مكان معين .
٤ — الملاحة باتباع خطوط السير الثابتة الاتجاه .
٥ — الملاحة باتباع أقصر المسافات .
٦ — بيان الشكل المجسم للأرض .

١ — ولرسم خريطة للتوزيعات يلزم أن يكون المسقط متساوى المساحات . والمساقط متساوية المساحات التى تم استعراضها هى المولفايدى والسانسون فلامستيد والاسطوانى متساوى المساحات ولامبرت المخروطى متساوى المساحات والبون والاتجاهى متساوى المساحات . وعلى ذلك يتم اختيار أحد هذه المساقط لخرائط التوزيعات مع مراعاة موقع المنطقة المطلوب بيانها كما سبق ، ومع مراعاة العلاقات التى سنذكر فيما بعد .

٢ — ولرسم خريطة تعطى الاتجاهات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المسقط إتجاهى ومركزه عند هذا المكان . وهذا النوع من الخرائط

يستخدم أيضا فى محطات الإرسال اللاسلكى حتى تتعرف المحطة على الاتجاهات الحقيقية للأماكن التى يمكنها إستقبال الاذاعة وبذلك تتمكن المحطة من توجيه الموجات إلى تلك الأماكن .

والمساقط الاتجاهية التى تم إستعراضها هى المركزى والاستريوجراف والاورثوجراف والمتساوى المسافات والمتساوى المساحات ، ويمكن اختيار واحد منها طبقا للاغراض الأخرى المطلوبة .

٣ — ولرسم خريطة تعطى المسافات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المسقط إتجاهى متساوى المسافات .

وهذا النوع من المساقط يستخدم أيضا فى خرائط محطات الإرسال اللاسلكى المشروحة فى البند السابق لتعطى المسافات الحقيقية بالإضافة إلى الاتجاهات الحقيقية من موقع المحطة — كما يستخدم أيضا هذا المسقط فى الخرائط التى تبين خطوط الملاحة الجوية من مركز رئيسى يكون عادة عاصمة لاحدى الدول .

وفى هذا المجال لابد وأن نوضح أنه لا يوجد مسقط يحقق المسافات المتساوية فى جميع أنحاء الخريطة — كما وأن هناك مساقط تعطى المسافات المتساوية على خط من خطوط الطول أو العرض أو كليهما معا أو أكثر من ذلك . فالمساقط الاسطوانية تحقق تساوى المسافات على خط الاستواء ، كما وأن المسقط الاسطوانى البسيط يحقق بالإضافة إلى ذلك تساوى المسافات على جميع خطوط الطول ، وذلك بالطبع يقابله تشويه فى خطوط العرض يتزايد كلما إبتعدنا عن العرض الرئيسى .

(ب) والمساقط المخروطية تحقق تساوى المسافات على خط العرض الرئيسى - أو خطى العرضين الرئيسيين - بالإضافة إلى بعض الخطوط الأخرى :

١ — فى المخروطى البسيط وفى المخروطى بعرضين رئيسيين تكون المسافات صحيحة على خطوط الطول .

٢ — وفى متعدد المخاريط وفى بون تكون المسافات صحيحة على كل خطوط العرض وعلى خط الطول الأوسط .

(حـ) ومسقط سانسون فلامستيد يحقق المسافات المتساوية على كل خطوط العرض وعلى خط الطول الأوسط .

٤ — ولرسم خريطة تستخدم فى الملاحة باتباع خطوط السير الثابتة الإتجاه يلزم أن يكون المسقط تشابهى .

والمساقط التشابهية التى تم إستعراضها هى مسقط مركيتور والمسقط الاستريوجرافى .

والمعروف أن التشوية يتزايد فى مسقط مركيتور كلما إبتعدنا عن الاستواء ولذلك لا يستخدم هذا المسقط لتمثيل المنـــاطق القطبية ويستبدل بالمسقط الاستريوجرافى القطبى .

٥ — ولرسم خريطة تستخدم فى الملاحة باتباع أقصر الطرق يلزم أن يكون المسقط مركزى . وهو المسقط الوحيد الذى فيه تمثل الخطوط المستقيمة على الخريطة الدوائر العظمى (أقصر المسافات) على سطح الأرض .

٦ — ولرسم خريطة تبين الشكل المجسم للكرة الأرضية - تبرز تكورها - يلزم استخدام المسقط الأورثوجرافى ، فهو مسقط منظور يقع مركز الإسقاط فيه عند اللانهاية . لذلك يمثل هذا المسقط شكل الأرض كما يراها الإنسان من مكان بعيد جدا عنها .

هذا المسقط يستخدم كثيرا فى خرائط الأطالس الحديثة التى تعنى بدراسة الأرض ككل ، كما يستخدم فى الكتب الجغرافية لتوضيح الشرح الخاص بالمعالم العامة للكرة الأرضية .

أحيانا يستعاض عن المسقط الأورثوجرافى بالمسقط الاستريوجرافى وذلك لصعوبة إجراء حسابات الأورثوجرافى وسهولة إجراء حسابات الاستريوجرافى وأيضا لصعوبة رسم القطاعات الناقصة فى الأورثوجرافى ولسهولة رسم أقواس الدوائر فى الاستريوجرافى . ويعطى الاستريوجرافى صورة مجسمة لشكل الأرض بدرجة مقبولة ولكنها ليست بالتجسيم الذى يعطيه الأورثوجرافى .

٧ — بالإضافة إلى الأغـــــراض السابقة تتضمن الأطالس عادة خرائط فلكية . والخرائط الفلكية ترسم عادة بالمسقط الاستريوجرافى حتى يمكن استخدامها فى قياس بعض العناصر كما أنه يمكن متابعة حركة الأجرام السماوية عليها . وترسم الخرائط الفلكية أيضا على المسقط الإتجاهى متساوى المسافات القطبى وفى هذه الحالة ترسم الكرة السماوية فى مسقطين متجاورين أحدهما للنصف الشمالى والآخر للنصف الجنوبى .

وفى كثير من الأطالس الحديثة ظهرت خرائط القمر مرسومة بالمسقط الاستريوجرافى الإستوائى فى جزئين أحدهما للنصف المواجه للأرض والجزء الآخر للنصف الثانى .

علاقة المسقط باتساع وشكل المنطقة المطلوب رسمها

أولا : من حيث الاتساع

١ — عند رسم قارة مثل أفريقيا على المساقط المختلفة التى تصلح لذلك مثل مركيتور وسانسون فلامستيد ومولفايدى والاتجاهى متساوى المسافات والاتجاهى متساوى المساحات والكروى والاسترويجرافى والاورثوجرافى و... نجد أن هناك فروقا فى الأشكال الناتجة . وتظهر تلك الفروق فى شكل الهيكل الجغرافى الذى فيه تكون خطوط الطول مستقيمة أحيانا ومنحنية أحيانا وتكون خطوط العرض مستقيمة أحيانا ومنحنية أحيانا كما تختلف درجة الانحناء من مسقط إلى آخر .

٢ — وإذا رسمنا قارة أفريقيا والبحار والمحيطات المحيطة بها - أى إمتدت الخريطة غربا لتشمل المحيط الأطلسى حتى سواحل الأمريكتين وإمتدت شرقا لتشمل المحيط الهندى حتى سواحل الهند وجزر الهند الشرقية وسواحل أستراليا وإمتدت شمالا لتشمل البحر المتوسط وأجزاء من أوربا وإمتدت جنوبا حتى سواحل القارة القطبية الجنوبية - على نفس المساقط التى تصلح لأفريقيا ، لوجدنا أن الفروق فى الأشكال قد زادت وأتضحت . ذلك يحدث لزيادة الانحناءات فى خطوط الطول والعرض كلما إبتعدنا عن المركز نحو أطراف الخريطة .

٣ — وإذا رسمنا إحدى دول أفريقيا أو منطقة من هذه القارة على مساقط مختلفة فاننا نجد أن الفروق بين الأشكال الناتجة صغيرة لا تذكر . وذلك لأن الفرق بين الخط المستقيم والخط المنحنى الذى يناظره يكون صغيرا فى المناطق المحدودة الاتساع .

من هنا يتبين أن تحديد المسقط المطلوب لرسم منطقة صغيرة من العالم بمقياس صغير يتفق مع خرائط الأطلس ، لا يؤثر كثيرا على الشكل الناتج لأن معظم المساقط تؤدى إلى أشكال متقاربة .

وكلما زادت المنطقة فى الإتساع كلما إتضحت الحـــاجة إلى تحديد خصائص المسقط المطلوب وبالتالى إلى تحديد إسم المسقط.

ثانيا : من حيث الشكل

١ عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية الذى يمتد من العرض ٨° شمال إلى العرض ٥٥° جنوب فى حين يبلغ إتساعه مع خطوط الطول ١٠° درجات تقريبا — يحسن البحث عن مسقط يحقق المسافات المتساوية مع خط الطول المتوسط فى هذه المنطقة وهو خط الطول ٧٠° غرب . والمساقط التى تحقق ذلك هى السانسون فلامستيد والاسطوانى البسيط والمخروطى بعرضين رئيسين وبون ومتعدد المخاريط .

٢ — عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل المنطقة التى تشمل الحدود السياسية بين كندا والولايات المتحدة والتى تمتد من الطول ٩٧° غرب إلى الطول ١٢٣° غرب فى حين يبلغ إتساعها مع درجات العرض ٤° درجات تقريبا — يحسن البحث عن مسقط يحقق المســـافات المتساوية مع خط العرض المتوسط فى تلك المنطقـة وهو خط العرض ٤٧° شـــمال . ومعظم المساقط المخروطيـة تحقق هذا الغرض .

من هنا يتضح أن شكل المنطقة المطلوب تمثيلها على الخريطة يتدخل فى تحديد المسقط المطلوب .

اختيار المسقط مع مراعاة شكل هيكله الجغرافى

مما سبق يتضح أن اختيار المسقط يتم مع مراعاة الآتى :

١ ـ موقع المنطقة .

٢ ـ الغرض المطلوب منه على الخريطة .

٣ ـ إتساع المنطقة وشكلها .

وحتى مع مراعاة تلك الظروف فإننا نصل أحيانا إلى مسقطين أو ثلاثة أو أكثر تحقق المطلوب . عندئذ تراعى ظروف جديدة وهى :

أولا : الحسابات : والمعروف أن بعض المساقط لا تتطلب حسابات معقدة خصوصا تلك التى يدخل فى تكوينها الخطوط المستقيمة أو أقواس الدوائر وعادة يلجأ الكارتوجرافى إلى المسقط الذى لا يحتاج إلى حسابات معقدة.

ثانيا : طريقة الرسم : وبالطبع يفضل الكارتوجرافى المسقط الذى يدخل فى تكوينه الخطوط المستقيمة وأقواس الدوائر لسهولة رسمها .

ثالثا : بالإضافة إلى العنصرين الساميين السابقين لابد وأن تتذكر دائما أن الخريطة تمثل سطح الأرض الكروى وأن خطوط الطول وخطوط العرض على سطح الأرض أقواس دوائر ولذلك كلما كانت خطوط الطول والعرض على الخريطة منحنية كلما كانت الخريطة أقرب شكلا من سطح الأرض . وليس معنى ذلك

أن نستبعد المساقط التي يدخل في تشكيل هيكلها الجغرافي الخطوط المستقيمة ؛ فأحيانا يلزم أن تكون الخريطة على مسقط مركيتور وأحيانا لابد وأن تكون الخريطة على مسقط مركزي وهذان المسقطان لا يخلوان من الخطوط المستقيمة

ولكن لو كان الكارتوجرافي بصدد إنشاء مجموعة من الخرائط كما في حالة الأطلس فيستحسن أن ينوع من المساقط المستخدمة وهنا يلزم التنوية مرة أخرى إلى إستخدام المسقط الاورتوجرافي في خرائط الأطلس الذي يعطي جمالا وتجسيما للشكل الحقيقي للأرض بالرغم من صعوبة حساباته ورسمه .

الباب الحادى عشر

مـــــلاحق

ملحق (١)

طريقة رسم قطع ناقص

للقطع الناقص خصائص هندسية كثيرة . ومن تلك الخصائص يمكن إتباع طرق مختلفة لرسمه . والقطع الناقص يظهر فى المسقط الأورثوجرافى ومسقط مولفايدى بعد حساب أطوال مجاورة . ولذا سنذكر فى هذا الملحق الطرق المختلفة لرسم القطع الناقص بمعلومية أطوال محوريه .

الطريقة الأولى

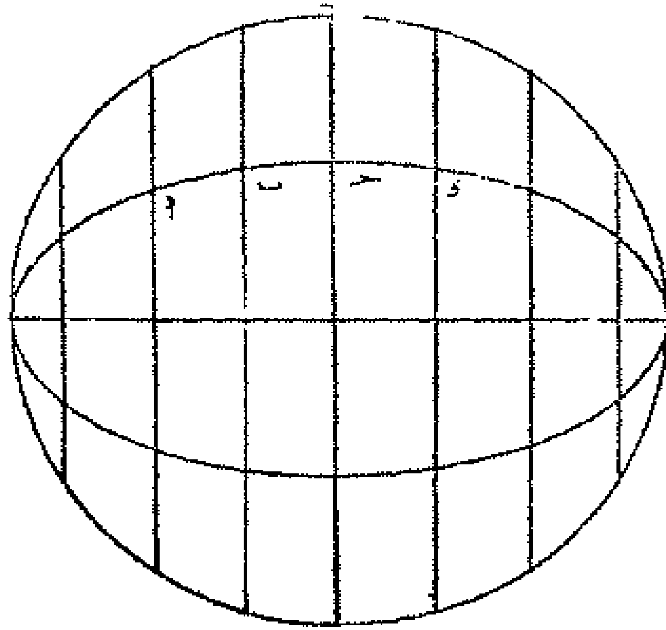
مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٧٠مم وطول محوره الأصغر ٣٧ مم .

يتبع الآتى :

١ — ترسم دائرة قطرها ٧٠مم ونرسم بداخلها قطرين متعامدين أحدهما فى إتجاه المحور الأكبر للقطع والثانى فى إتجاه المحور الأصغر له .

٢ — نرسم مجموعة من الأوتار توازى إتجاه المحور الأصغر للقطع — وكلما كان عدد الأوتار كبيرا كلما ساعد ذلك على تحديد شكل القطع بدقة عالية .

٣ — على الأوتار المرسومة تحـــدد النقط ا ، ب ، حـ ، و ، .. والتى تقسم المسافة من منتصف الوتر إلى محيط الدائرة بنسبة $\frac{٣٧}{٧٠}$



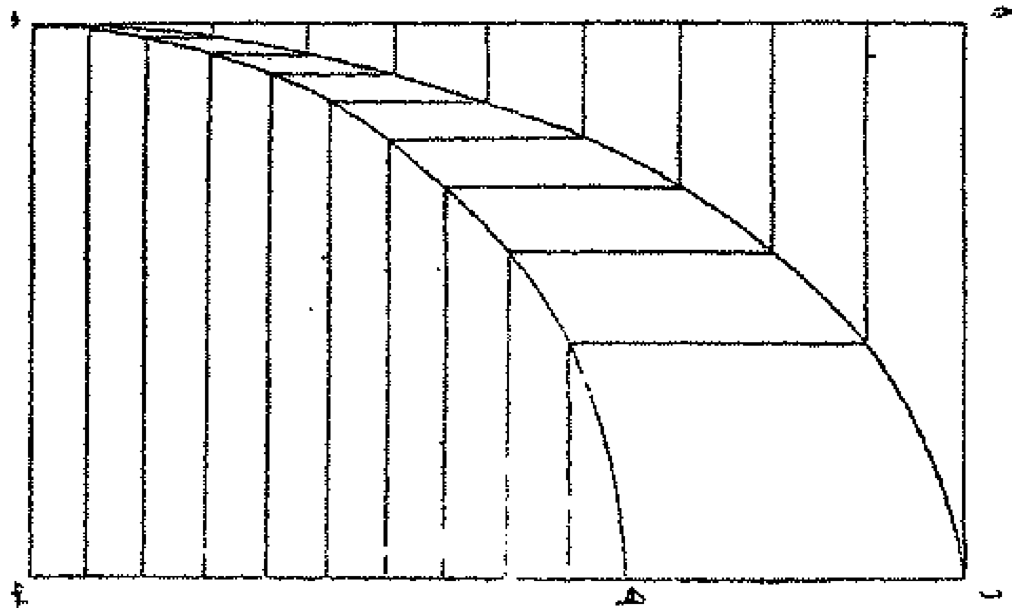
شكل ١١٤ .

٤ ـــ نصل النقط أ ، ب ، جـ ، د ، .... فينتج القطع الناقص المطلوب .

الطريقة الثانية

مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٢٠ سم وطول محوره الأصغر ١٢ سم .

ـ يتبع الآتى لرسم ربع القطع .



شكل ١١٥

١ — نرسم مستطيل ا ب حـ ء، ضلعه ا ب يمثل نصف المحور الأكبر (١٠ سم) وضلعه ا ء يمثل نصف المحور الأصغر (٦½ سم).

٢ — نرسم ربع دائرة مركزها ا ونصف قطرها ا ء (٦½ سم)، تقطع ا ب فى هـ.

٣ — تقسم ا هـ إلى عدد من الاقسام المتساوية (١٠ أقسام) ونقيم الأعمدة على ا ب عند نقط التقسيم لتقابل محيط ربع الدائرة.

٤ — نقسم ء حـ إلى نفس العدد من الأقسام المتساوية (١٠) ونقيم الأعمده على ء حـ عند نقط التقسيم.

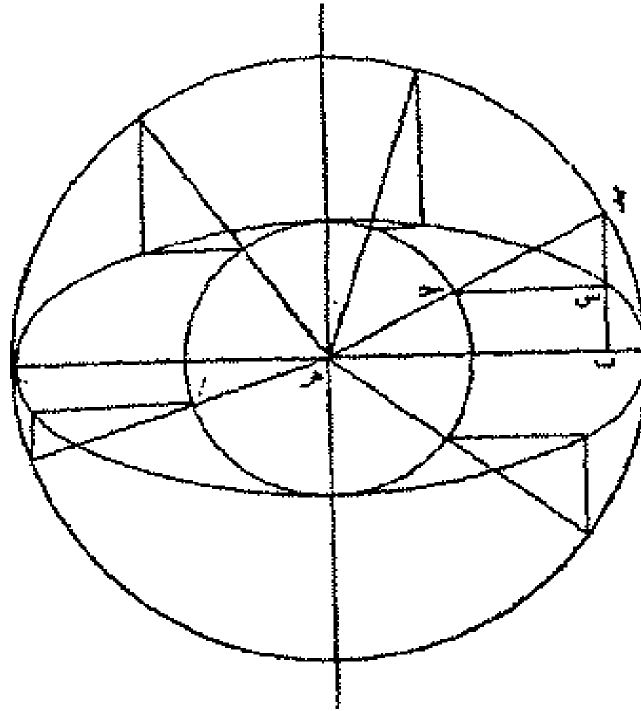
٥ — من كل نقطة على محيط الدائرة حصلنا عليهـا فى الخطوة (٣) نرسم موازيا للخط ا ب يقابل الخط العمودى على حـ د المناظر له فى نقطة، تقـع على محيط القطع الناقص.

٦ — نصل النقط التى حصلنا عليها فى الخطوة (٥).

الطريقة الثالثة

مثال: نرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٧٠ مم وطـول محوره الأصغر ٤١مم.

١ — نرسم المحورين المتعامدين للقطع ومن المركز (م) نرسم دائرتين قطر أحدها ٧٠مم وقطر الثانية ٤١مم.



شكل ١١٦

٢ — نأخذ نقطا مختلفة مثل ا على محيط الدائرة الكبرى ومنها نسقط عمود ا ب على المحور الأكبر .

٣ — نصل ا م ليقطع الدائرة الصغرى في حـ .

٤ — عند حـ نرسم موازيا للمحور الأكبر للقطع يقابل ا ب في نقطة س التي تقع على محيط القطع الناقص .

٥ — نكرر الخطوات الثلاثة السابقة لنحصل على باقي نقط القطع الناقص ونصل بينها .

ملحق (٢)

بعض قوانين حساب المثلثات المستوية

أولا : فى المثلث ا ب حـ القائم الزاوية عند ا . نطلق على الضلع ب حـ الوتر .

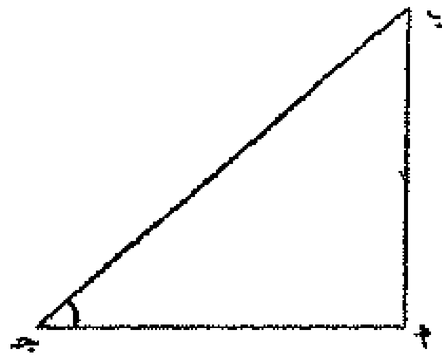
ونطلق على الضلع ا ب المقابل لزاوية حـ إسم المقابل .

ونطلق على الضلع ا حـ المجاور لزاوية حـ إسم المجاور .

$$\text{جا حـ} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \frac{\text{ا ب}}{\text{ب حـ}}$$

$$\text{جتا حـ} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{\text{ا حـ}}{\text{ب حـ}}$$

$$\text{ظا حـ} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{\text{ا ب}}{\text{ا حـ}}$$



شكل (١١٧)

ثانيا : لأى زاوية مثل حـ

$$\text{ظا حـ} = \frac{1}{\text{ظتا حـ}} \text{ ، } \text{قا حـ} = \frac{1}{\text{جتا حـ}} \text{ ، } \text{قتا حـ} = \frac{1}{\text{جا حـ}}$$

$$\text{، ظا حـ} = \frac{\text{جا حـ}}{\text{جتا حـ}}$$

$$\text{جا}^2\text{ حـ} + \text{جتا}^2\text{ حـ} = 1$$

$$\text{جا } (90^\circ - \text{حـ}) = \text{جتا حـ} \qquad \text{جا } (180^\circ - \text{حـ}) = \text{جا حـ}$$

$$\text{جتا } (90^\circ - \text{حـ}) = \text{جا حـ} \qquad \text{جتا } (180^\circ - \text{حـ}) = -\text{جتا حـ}$$

$$\text{ظا } (90^\circ - \text{حـ}) = \text{ظتا حـ} \qquad \text{ظا } (180^\circ - \text{حـ}) = -\text{ظا حـ}$$

$$\text{جا}\ \text{٢}\ \text{حـ} = \text{٢}\ \text{جا}\ \text{حـ}\ \text{جتا}\ \text{حـ}$$

$$\text{جا}\ \text{حـ} = \text{٢}\ \text{جا}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}}\ \text{جتا}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}}$$

$$\text{جتا}\ \text{٢}\ \text{حـ} = \text{جتا}^{\text{٢}}\ \text{حـ} - \text{جا}^{\text{٢}}\ \text{حـ}$$

$$\text{جتا}\ \text{حـ} = \text{جتا}^{\text{٢}}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}} - \text{جا}^{\text{٢}}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}}$$

$$= \text{٢}\ \text{جتا}^{\text{٢}}\ \text{حـ} - \text{١}$$

$$= \text{٢}\ \text{جتا}^{\text{٢}}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}} - \text{١}$$

$$= \text{١} - \text{٢}\ \text{جا}^{\text{٢}}\ \text{حـ}$$

$$= \text{١} - \text{٢}\ \text{جا}^{\text{٢}}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}}$$

$$\text{ظا}\ \text{٢}\ \text{حـ} = \frac{\text{٢}\ \text{ظا}\ \text{حـ}}{\text{١} - \text{ظا}^{\text{٢}}\ \text{حـ}}$$

$$\text{ظا}\ \text{حـ} = \frac{\text{٢}\ \text{ظا}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}}}{\text{١} - \text{ظا}^{\text{٢}}\ \frac{\text{حـ}}{\text{٢}}}$$

ثالثا : لأى زاويتين مثل ا ، ب

$$\text{جا}\ (\text{ا} + \text{ب}) = \text{جا ا جتا ب} + \text{جتا ا جا ب}$$

$$\text{جتا}\ (\text{ا} + \text{ب}) = \text{جتا ا جتا ب} - \text{جا ا جا ب}$$

$$\text{ظا}\ (\text{ا} + \text{ب}) = \frac{\text{ظا ا} + \text{ظا ب}}{\text{١} - \text{ظا ا ظا ب}}$$

$$\text{جا ا} + \text{جا ب} = \text{٢}\ \text{جا}\ \frac{\text{ا} + \text{ب}}{\text{٢}}\ \text{جتا}\ \frac{\text{ا} - \text{ب}}{\text{٢}}$$

$$\text{جا ا} - \text{جا ب} = \text{٢}\ \text{جتا}\ \frac{\text{ا} + \text{ب}}{\text{٢}}\ \text{جا}\ \frac{\text{ا} - \text{ب}}{\text{٢}}$$

جتا أ + جتا ب = ٢ جتا (أ + ب) / ٢ جتا (أ − ب) / ٢

جتا أ − جتا ب = ٢ جا (أ + ب) / ٢ جا (ب − أ) / ٢

٢ جا أ جا ب = جتا (أ − ب) − جتا (أ + ب)

٢ جتا أ جتا ب = جتا (أ − ب) + جتا (أ + ب)

٢ جا أ جتا ب = جا (أ + ب) + جا (أ − ب)

٢ جتا أ جا ب = جا (أ + ب) − جا (أ − ب)

رابعا : فى أى مثلث مثل أ ب حـ

جا أ / ب حـ = جا ب / حـ أ = جا حـ / أ ب

ب حـ² = حـ أ² + أ ب² − ٢ حـ أ . أ ب . جتا أ

حـ أ² = أ ب² + ب حـ² − ٢ أ ب . ب حـ . جتا ب

أ ب² = ب حـ² + حـ أ² − ٢ ب حـ . حـ أ . جتا حـ

قائمة المصطلحات

إتجاه - من الشمال Bearing

إتجاه ، عزمة Azimuth

إتجاه خط السير Course

إتجاهى Azimnthal , Zenithal

إحداثى Co - ordinate

استريو جراف - مجسم
Stereographic

إستواء Equator

إستوائى Equatorial

أسطوانة Cylinder

أسطوانى Cylindrical

إسقاط Projection

ألبرز (كارتوجرافى) Albers

إطار Border

أطلس Atlas

ب

برجز (كارتوجرافى) Boggs

بون (كارتوجرافى) Bonne

ت

تشابهى
Conformal orthomorphic

تشويه Distortion

تقدير دائرى زاوية Radian

ث

ثابت المخروط
Constant of the cone

ج

جنوب South

جيب (زاوية) - جا Sine - sin

جيب تمام - جتا Cosine - cos

خ

خريطة Map , Chart

خط طول Meridian

خط عرض - دائرة عرض
Parallel of latitude

د

دائرة Circle

دائرة صغرى Small circle

دائرة عظمى Creat circle

دائرى Circular

درجة Degree

ز

زاوية Angle

س

سانسون (كارتوجراف) — Sanson

ش

شرق — East

شمال — North

ص

صحيح - أورثوجراف — Orthographic

ط

طاقية (كروية) — Cap

طول — Longitude

ظ

ظل (زاوية) - ظا — Tangent - tan

ظل تمام - ظتا — Cotangent - cot

ع

عالم — World

عرض — Latitude

عرض رئيسى — Standard latitude

غ

غرب — West

ف

فاندر جرينتن (كارتوجراف) — Van Der Grinten

فلامستيد (كارتوجراف) — Flamsteed

فلك (علم) — Astronomy

ق

قاطع (زاوية) - قا — Secant - sec

قاطع تمام - قتا — Cosecant - cosec

قطاع (دائرى) — Sector

قطب — Pole

قطبى — Polar

قطر — Diameter

قطعة (دائرية) — Segment

قطع زائد — Hyperbola

قطع مكافىء — Parabola

قطع ناقص — Ellipse

ك

كافرايسكى (كارتوجراف) — Kavraisky

كراستر (كارتوجرافى) — Craster

كرة — Sphere

كرة أرضية — Globe

كروى — Globular

كروى — Spheroidal

كرى — Spherical

كوكب — Planet

ل

لامبرت (كارتوجرافى) — Lambert

م

- متساوي المساحات — Equal area
- متساوي المسافات — Equidistant
- متعدد المخاريط — Polyconic
- متقطع — Interrupted
- متمم العرض — Co-latitude
- مجسم — أستريوجراف — Stereographic
- محيط (دائرة) — Circumference
- مخروط — Cone
- مخروطي — Conic
- مركزي — Gnomonic
- مركيتور (كارتوجراف) — Mercator
- مساحة — Area
- مساحة — Surveying
- مستعرض — Transverse
- مسقط — Projection
- معدل — Conventional
- مقياس — Scale
- منطقة كروية — Zone
- منظور — Perspective
- ملاحة — Navigation
- مولفايدي (كارتوجراف)

ن

- نصف قطر — Radius
- نجم — Star

هـ

- هامار (كارتوجراف) — Hammer
- هيكل جغرافي — Graticule

و

- وتر (دائرى) — Chord
- وينكل (كارتوجراف) — Winkel